

ANALYSE DES SPANNUNGS-
UND VERFORMUNGSZUSTANDES
IN RAHMENKNOTEN DES MASSIVBAUS

Zwischenbericht

vorgelegt

von

o. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K.Kordina

Dr. -Ing. M. Teutsch

Braunschweig, Mai 1989

Gefördert mit Forschungsmitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Vorwort

Die vorliegende Untersuchung zur Analyse des Spannungs- und Verformungszustandes in Rahmenknoten des Massivbaues wurde mit Forschungsmitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Die Verfasser danken allen, die bei der Durchführung des Forschungsvorhabens mitgewirkt haben. Dank gebührt vor allem Herrn Dipl.-Ing. A. Achwan, der eine Reihe von FEM-Berechnungen zur Darstellung des Spannungs- und Verformungszustandes in den Rahmenknoten durchgeführt hat.

Dank gebührt auch Prof. Dr.-Ing. G. Mehlhorn, Gesamthochschule Kassel, der durch Bereitstellung des FEM-Programms ADINA bzw. der modifizierten Fassung dieses Programms einen wesentlichen Beitrag zur Durchführung dieser Untersuchung geleistet hat.

Herr Prof. Dr.-Ing. Quast hat bis zur Übernahme des Fachgebietes Massivbau an der TU Hamburg wertvolle Anregungen und Hinweise zur Durchführung des Forschungsvorhabens gegeben. Ihm sei an dieser Stelle dafür herzlich gedankt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	
1.1 Allgemeines	4
1.2 Problemstellung	5
1.3 Stand der Forschung	7
1.4 Ziel und Umfang der Untersuchung	9
2. Erfassung und Auswertung der durchgeführten experimentellen Untersuchungen	
2.1 Allgemeines	11
2.2 Rahmenecken	15
2.2.1 Ecken mit positivem Moment	15
2.2.1.1 Allgemeines	15
2.2.1.2 Rechtwinklige Rahmenecken	15
2.2.1.3 Winkelstützwände	34
2.2.1.4 Stumpfwinklige Rahmenecken	36
2.2.1.5 Spitzwinklige Rahmenecken	39
2.2.2 Rahmenecken mit negativen Moment	40
2.3 Rahmenknoten	47
2.3.1 Ebene Rahmenendknoten	47
2.3.2 Räumliche Rahmenendknoten	56
2.3.3 Ebene Rahmeninnenknoten	57
2.3.4 Räumliche Rahmeninnenknoten	59
3. Untersuchungen nach der Methode der Finite Elemente	
3.1 Allgemeines	60
3.2 Berechnungsgrundlagen	60
3.3 Ergebnisse der Berechnung	68
3.3.1 Allgemeines	68
3.3.2 Rahmenecken	69
3.3.2.1 Ecken mit positivem Moment	69
3.3.2.1.1 Rechtwinklige Rahmenecken	69
3.3.2.1.2 Stumpfwinklige Rahmenecken	76
3.3.2.1.3 Spitzwinklige Rahmenecken	78
3.3.2.2 Ecken mit negativem Moment	80
3.4 Rahmenknoten	83
3.4.1 Rahmenendknoten	83

	Seite
4. Bemessung und Bewehrungsführung von Rahmenecken und -knoten in nationalen Vorschriften	
4.1 Allgemeines	88
4.2 Rahmenecken	89
4.2.1 Ecken mit positivem Moment	89
4.2.1.1 Rechtwinklige Rahmenecken	89
4.2.1.2 Stumpfwinklige Rahmenecken	94
4.2.1.3 Spitzwinklige Rahmenecken	97
4.2.2 Ecken mit negativem Moment	98
4.3 Rahmenknoten	101
4.3.1 Ebene Rahmenendknoten	101
4.3.2 Räumliche Rahmenendknoten	107
5. Analyse des Verformungsverhaltens	
5.1 Allgemeines	114
5.2 Rahmenecken	118
5.3 Rahmenknoten	126
6. Dynamische Beanspruchung	127
7. Zusammenfassung	128
8. Literatur	130
9. Anhang Versuchswerte	

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

In statisch unbestimmten Stabtragwerken des Massivbaus werden die Schnittgrößen derzeit in der Regel unter Anwendung der linearen Elastizitätstheorie und für den ungerissenen Zustand I ermittelt; die Bewehrungseinlagen bleiben bei der Bestimmung der Steifigkeitswerte im Regelfall unberücksichtigt. Rahmenknoten - die Verbindung balkenartiger wie auch plattenartiger Bauteile - werden als winkeltreu vorausgesetzt; das bedeutet, daß sich Verformungen ausschließlich aus der Biegung der einzelnen Bauteile ergeben. Die Bemessung der Rahmenknoten und -ecken erfolgt meist für die Schnittgrößen in den "Anschnitten", obwohl die Schnittgrößen bis zum Kreuzungspunkt der Systemachsen meist noch anwachsen. Außerdem werden die Knotenbereiche durch Zusatzbeanspruchungen wie z.B. Umlenkpressungen belastet.

1.2 Problemstellung

Im Gegensatz zu statisch bestimmt gelagerten Stabtragwerken, bei denen die Tragfähigkeit verlorenggeht, sobald in einem Querschnitt des Systems die aufnehmbare Schnittkraft erreicht wird, ist bei innerlich und äußerlich unbestimmten Konstruktionen die Tragfähigkeit des Systems größer als die eines einzelnen Querschnitts. Dies ist dadurch zu erklären, daß bei Erreichen der Querschnittstragfähigkeiten eine Umlagerung der Schnittgrößen auf noch nicht ausgenutzte Nachbarbereiche erfolgt. Statisch unbestimmte Tragwerke besitzen demnach Tragreserven, die erst dadurch aktiviert werden, daß an einer oder mehreren Stellen plastische oder zumindest örtlich große Verformungen (plastische Gelenke) entstehen. Die Verfahren zur Ausnutzung dieser Tragreserven werden Traglastverfahren genannt. Diese Reserven bei Standsicherheitsnachweisen auszuschöpfen, wäre in vielen Fällen wirtschaftlich interessant. Solche Verfahren werden jedoch im Massivbau aufgrund fehlender Erfahrungen bzw. Versuche zur Aufdeckung der Grenzen der Anwendbarkeit bisher nur zögernd oder nur in einigen Teilbereichen angewendet. Zur Ausnützung dieser Tragreserven muß man das Verformungsverhalten im plastischen Bereich und vor allem die Verformungsgrenzen wie z.B. die Rotationsfähigkeit eines Querschnitts kennen.

Während bei Verwendung eines Werkstoffes wie z.B. Stahl in der Regel eine ausreichende plastische Verformbarkeit gesichert ist, kann diese in Massivbaukonstruktionen aufgrund des spröden Verhaltens des Betons nicht grundsätzlich vorausgesetzt werden. Es sind zwar schon zahlreiche experimentelle Untersuchungen durchgeführt worden, um die Biege-Rotationsfähigkeit von geraden, stabförmigen Massivbauteilen zu überprüfen, doch muß bei der Mehrzahl der Versuche eine Übertragbarkeit auf baupraktische Gegebenheiten bezweifelt werden. So ist z.B. ungeklärt, ob die Resultate, die an Versuchen mit monotoner Steigerung der Belastung erzielt worden sind, auf den verhältnismäßig langen Gebrauchsdauerzustand von Bauteilen unter nicht ruhender oder langsam wechselnder Belastung übertragen werden können. Die zusätzliche Einwirkung hoher Querkräfte erscheint nicht hinreichend abgeklärt. Insbesondere sind auch die Einflüsse von Bewehrungsführung und Kraftumlenkung auf die Rotationsfähigkeit noch weitgehend ungeklärt.

Die Anwendung der Traglasttheorie bietet sich im Massivbau vor allem bei Rahmentragwerken an, da es hier, bedingt durch die große Zahl der statisch unbestimmten Größen, zu einer weitreichenden Umverteilung der Schnittgrößen infolge Bildung plastischer Gelenke kommen kann. Gerade hier muß jedoch die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Rotationsversuchen an geraden Biegegliedern bezweifelt werden. Ursache ist, daß die infrage kommenden plastischen Gelenkbereiche, wie Rahmenecken und -knoten, sich schon im ungerissenen Zustand bzgl. der Spannungsverteilung stark von den Querschnitten in geraden Stabbereichen unterscheiden. Vor allem bei Rahmenecken ist der Spannungsverlauf im Zustand I nicht mehr linear, sondern hyperbolisch mit entsprechenden Spannungsspitzen. Wesentlich ist auch, daß die Umlenkung der inneren Kräfte radial gerichtete Spannungen erzeugt, welche zu vorzeitiger Rißbildung und damit zu vorzeitigem Festigkeits- und Steifigkeitsabfall im Eckbereich führen können. Im gerissenen Zustand wird der Knotenbereich einer vergrößerten Beanspruchung ausgesetzt. Bedingt durch die notwendige Umlenkung der inneren Kräfte im Eck- bzw. Knotenbereich wird die Verbundfestigkeit stark beansprucht und es entstehen weitere Zusatzbeanspruchungen des Betons, z.B. durch Umlenkpressungen infolge der Krümmung der Zugbewehrung, Umlenkbeanspruchung der Betondruckzone sowie Zug- und Druckbeanspruchungen durch Verankerung der Bewehrung. Dies kann zu einer starken Abminderung der Rotationsfähigkeit und zu einem vorzeitigen Versagen führen.

Eine übertriebene Anwendung der Traglasttheorie kann zu verstärkter Rißbildung im Gebrauchszustand führen, durch welche die Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Tragwerks eingeschränkt wird.

1.3 Stand der Forschung

Seit etwa 1960 werden, angeregt durch die Bestrebungen des CEB, umfangreiche experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung der Rotationsfähigkeit von Stahlbetonquerschnitten durchgeführt. Der Großteil dieser Untersuchungen umfaßte einfeldrige Balken, die durch eine Einzellast bzw. eine gleichmäßig verteilte Last teilweise in Verbindung mit einer Normalkraft belastet wurden. Eine Übersicht über die durchgeführten Arbeiten gibt Baker /1/. Eine Parameterstudie dieser in /1/ dargestellten sowie inzwischen durchgeführten Versuche zur Bestimmung der plastischen Verformbarkeit von Siviero /2/ zeigt, daß die Rotationsfähigkeit in erheblichem Maße eine Funktion des Verhältnisses x/d (Verhältniswert aus Höhe der Druckzone x zur Bauhöhe d) ist. Die Abhängigkeit ist derart, daß die plastische Verformbarkeit bei zunehmendem x/d -Verhältnissen, d.h. bei hohem Bewehrungsgehalt oder bei starker achsialer Druckbeanspruchung, drastisch reduziert wird.

In der CEB/FIP-Mustervorschrift /3/ sind Richtlinien für die ansetzbare plastische Rotation angegeben. Hier wird ebenfalls angenommen, daß die Verformbarkeit ausschließlich vom Verhältnis x/d abhängt.

Wie schon vorab erwähnt, lassen sich die Ergebnisse dieser Versuche nicht ohne weiteres auf Rahmenecken und -knoten übertragen. Die Gründe hierfür sind in den besonderen, von der üblichen Biegelehre abweichenden Spannungszuständen in Rahmenecken und -knoten zu suchen. Es treten Zusatzbeanspruchungen auf, welche die Rotationsfähigkeit und damit die Tragfähigkeit mindern.

Die wichtigsten Ursachen für die angesprochenen Zusatzbeanspruchungen sind:

- Es ergibt sich eine mehr oder weniger große Umlenkung der Druckresultierenden infolge des aus Riegel und Stützen eingeleiteten Moments oder infolge der Änderung der Achsrichtung in Rahmenecken. Hieraus folgen Querkzugbeanspruchungen, die zu Rißbildungen führen, die dann die Druckfestigkeit des Betons abmindern.

- Die in Rahmenecken mit üblichen Abmessungen vorhandenen Verbundlängen der Stützenbewehrungen reichen in Einzelfällen nicht aus, um die rechnerisch aufnehmbaren Kräfte vollständig in die Bewehrungen eintragen zu können. Dies führt zu abweichendem Tragverhalten gegenüber den rechnerischen Annahmen oder verursacht Schlupf der Bewehrung und führt häufig zu vermehrten Rißbildungen. Die für die Druckübertragung zur Verfügung stehenden Querschnittsflächen werden abgemindert.
- die Abmessungen üblicher Rahmenknoten und -ecken erfordern Abbiegungen der Bewehrungsstäbe mit kleinstem zulässigen Biegeradius. Hierdurch kommt es zu einem starken Anpreßdruck der Bewehrung auf den Beton, der zu nachteiligen Spaltwirkungen führt.

Die beschriebenen Ursachen führen insgesamt dazu, daß die Tragfähigkeit eines Rahmenknotens oder einer -ecke in der Regel geringer ist, als diejenige der Stützen- und Riegelanschnitte. Die Größe der verringerten Tragfähigkeit in bezug auf diejenige der Anschnitte wird üblicherweise als Wirkungsgrad angegeben. Die bisher durchgeführten grundlegenden Untersuchungen von Nilsson /4/ und Kordina /5-8/ bemühen sich darum, die Bewehrung in Rahmenecken und Rahmenknoten derart zu führen, das der Wirkungsgrad gegen 1 geht.

Aufgrund der Untersuchungen wurden von Kordina /9/ Bewehrungsrichtlinien zur optimalen Bemessung von Rahmenecken und -knoten erarbeitet.

Die bisherigen Untersuchungen wurden mit vorgegebenen Beanspruchungen durchgeführt. Die gemessenen Verformungen waren dabei jeweils deutlich größer, als die nach üblichen Verfahren errechneten. Um die Bedeutung der festgestellten Zusatzbeanspruchungen in den Rahmenknoten auf die Tragwirkung der Gesamtkonstruktion zutreffend beurteilen zu können, muß diesem Umstand Rechnung getragen werden. Die größere Verformung im Knoten kann bei statisch unbestimmten Konstruktionen zur Entlastung des Knotens führen. Inwiefern die verringerte Tragfähigkeit des Knotens infolge der denkbaren Schnittgrößenumlagerung im Rahmentragwerk aufgefangen werden kann und welche Maßnahmen hierbei zu beachten sind, kann aus den bisher vorliegenden Untersuchungen noch nicht befriedigend abgeleitet werden. Hierzu sind weggesteuerte Versuche bzw. solche an statisch unbestimmten Systemen erforderlich.

Ermüdungsbeanspruchungen und ruhende Dauerlasten wurden bisher nicht systematisch untersucht.

1.4 Ziel und Umfang der Untersuchung

Ziel dieses Forschungsvorhabens soll es sein, die Grenzen der Plastizierbarkeit (Rotationsfähigkeit) bei Stabtragwerken im Bereich von Rahmenknoten unter Berücksichtigung der o.a. baupraktischen Gegebenheiten sowie das Verhalten im Gebrauchszustand abzuklären, um so die Anwendung der einfachen und vielfach zu wirtschaftlicheren Bemessungen führenden Traglasttheorie abzusichern. Die Auswirkungen von ruhenden Dauerlasten und von ermüdenden Beanspruchungen sollen im Rahmen dieses Vorhabens nur exemplarisch studiert werden.

Wie schon erwähnt, galt das Hauptgewicht der bisher durchgeführten experimentellen Untersuchungen der Abhängigkeit der Traglast von der Bewehrungsführung. Eine systematische Auswertung dieser Versuche und eine rechnerisch-theoretische Darstellung der Spannungs- und Dehnungsverhältnisse im gerissenen Zustand fehlte bisher. Diese Versäumnis soll in der folgenden Arbeit nachgeholt werden.

Dazu werden in einem ersten Schritt alle durchgeführten experimentellen Untersuchungen an Rahmenecken und -knoten erfaßt und ausgewertet. Durch eine gezielte Parameteruntersuchung können aufgrund der vorliegenden experimentellen Daten Auswirkungen der Einflußgrößen auf das Trag- und Verformungsverhalten der Rahmenknoten aufgezeigt werden. Es erscheint sinnvoll, nachfolgend diese Untersuchung abhängig von der Gestaltung und Beanspruchung des Rahmenknotens (Rahmenecke mit positiver bzw. negativer Beanspruchung, Rahmenendknoten) durchzuführen. Anschließend werden die derart erarbeiteten Abhängigkeiten durch Rechnungen mit dem FEM-Programm ADINA nachgerechnet und unterstützt.

Das am Institut of Technology der Universität Massachusetts entwickelte FEM-Programm ADINA /10/ (Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis) bietet nach Einbau eines wirklichkeitsnahen Stahlbetonstoffgesetzes, das auch den gerissenen Zustand berücksichtigt, die Möglichkeit, das Tragverhalten dieser plastifizierten Zonen zu untersuchen. Die Original-Version des ADINA-Programms setzt einen idealen Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl voraus. Dies bedeutet, daß Beton und Stahlelemente im Berechnungsmodell gemeinsame Knoten besitzen.

Um den Einfluß des Schlupfes (Relativverschiebung zwischen Bewehrung und Beton) bzw. die Größen der Verbundkräfte zu ermitteln, wurde durch Schmidt-Gönner /11/ ein dreidimensionales Federelement mit linearer Kennlinie eingefügt. Diese erweiterte Version von ADINA steht nun auch dem hiesigen Institut zur Verfügung. Das Programm ist derart modular gebaut, daß auch noch weitere Verbindungselemente zwischen Beton und Bewehrung - auch mit nichtlinearen Charakteristiken - eingefügt werden können, wie entsprechende Arbeiten von Keuser /12/ zeigen.

Daher scheint es möglich, durch Einfügen entsprechender Verbund- Verschiebungsgesetze zwischen Bewehrung und Beton in das FEM-Programm ADINA die Spannungs- und Dehnungsverhältnisse von Rahmenknoten und -ecken im gerissenen und plastifizierten Zustand berechnen zu können. Die Güte der Rechenergebnisse kann durch die Versuchsergebnisse beurteilt und entsprechend verbessert werden. Aufgrund der Untersuchungen werden Empfehlungen für eine zweckmäßige und wirtschaftliche Gestaltung von Rahmenknoten gegeben, die durch eine anschließende experimentelle Untersuchung abgesichert werden sollen (Fortsetzungsantrag).

Mit diesen Versuchen sollen die im Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig bereits durchgeführten Untersuchungen von Rahmenendknoten fortgesetzt werden. Bedingt durch andere Zielsetzung - vornehmlich der Optimierung der Bewehrungsführung im Knotenbereich gewidmet - und der daraus bedingten unterschiedlichen Versuchsdurchführung wegen können aus den vorliegenden Untersuchungen jedoch keine allgemeinen Aussagen über die Rotationsfähigkeit von Rahmenknoten bzw. über Schnittgrößen-Umlagerungsmöglichkeiten in Rahmensystemen hergeleitet werden, zumal so die Verformungsfähigkeit sehr von der Normalkraft in den Stützen und vom Biegebewehrungsgrad des Riegels abzuhängen scheint, was bisher systematisch nicht untersucht wurde.

2 Erfassung und Auswertung der durchgeführten experimentellen Untersuchungen

2.1 Allgemeines

Ein Vergleich der verschiedenen Versuchsergebnisse ist bedingt durch die unterschiedliche Größe der Versuchskörper sowie der verschiedenen Belastungsarten, der streuenden Betongüten und Fließgrenzen des Bewehrungsstahls sehr schwierig. Um die Versuchsauswertung dennoch systematisch zu erforschen, erscheint es notwendig, die Traglasten wie auch die Einflußparameter in normierter Form darzustellen, in der die o.a. Größen miteinbezogen werden. Hierzu werden die nachfolgenden Bezeichnungen benutzt.

A_s = Querschnittsfläche der Zugbewehrung

A_s' = Querschnittsfläche der Druckbewehrung

h = statische Höhe

M = Biegemoment

$m_u = \frac{M_u}{b \cdot h^2 \cdot \beta_p}$ = bezogenes Bruchmoment

N = Normalkraft

Q = Querkraft

β_s = Streckgrenze der Zugbewehrung

β_s' = Streckgrenze der Druckbewehrung

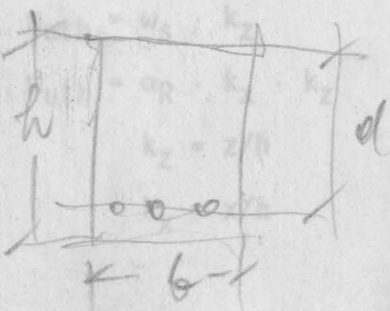
β_p = Prismenfestigkeit des Betons

$\gamma = A_s' / A_s$ = Verhältnis der Zug- zur Druckbewehrung

ϵ_s = Dehnung der Zugbewehrung

ϵ_s' = Stauchung der Druckbewehrung

(2.2)



$$\eta = \frac{e}{d} = M/N \cdot d = \text{bezogene Ausmitte der Normalkraft}$$

η = Wirkungsgrad

$$\mu_s = \frac{A_s}{b \cdot h} = \text{geom. Bewehrungsgrad der Zugbewehrung}$$

$$\mu_s' = A_s' / b \cdot h = \text{geom. Bewehrungsgrad der Druckbewehrung}$$

$$\sigma_N = \frac{N_u}{b \cdot d} = \text{Betonspannung infolge Normalkraftbeanspruchung}$$

$$\omega_s = \frac{\mu_s \cdot \beta_s}{\beta_p} = \text{mechan. Bewehrungsgrad der Zugbewehrung} \quad (2.1)$$

$$\omega_s' = \frac{\mu_s' \cdot \beta_s'}{\beta_p} = \text{mechan. Bewehrungsgrad der Druckbewehrung}$$

Um die Effizienz der Bewehrungsführung in den nachfolgend behandelten Rahmenknoten zu ermitteln, ist ein Vergleich der experimentellen Tragfähigkeit mit der theoretischen Biegetragfähigkeit notwendig. Die theoretische Biegetragfähigkeit eines Rechteckquerschnitts ohne Druckbewehrung und ohne Normalkraftbelastung ermittelt sich bekanntlich durch Gleichgewichtsbeachtung am Querschnitt und unter Zugrundelegung linearer Dehnungsverteilung zu:

$$M_{uth} = A_s \cdot b_s \cdot z \quad \text{wenn die Zugbewehrung den Fließzustand erreicht}$$

$$M_{uth} = b \cdot x \cdot \alpha_R \cdot \beta_p \cdot z \quad \text{wenn die Betondruckzone für das Versagen maßgebend ist}$$

x = Druckzonenhöhe

z = innerer Hebelarm der Kräfte

α_R = Völligkeitsbeiwert

(2.2)

bzw. in nomierter Form

$$m_{uth} = \omega_s \cdot k_z$$

$$m_{uth} = \alpha_R \cdot k_x \cdot k_z$$

$$k_z = z/h$$

$$k_x = x/h$$

Unter Zugrundelegung einer parabel-rechteckförmigen Spannungsverteilung nach DIN 1045 ergibt sich der Völligkeitsgrad in Abhängigkeit von der Betonranddehnung ϵ_b zu:

$$\begin{aligned} \text{Für } \epsilon_b < 2 \text{ ‰} \quad \alpha_R &= \frac{\epsilon_b (6 - \epsilon_b)}{12} \\ \epsilon_b > 2 \text{ ‰} \quad \alpha_R &= \frac{3 \cdot \epsilon_b - 2}{3 \cdot \epsilon_b} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Für Bauteile mit Druckbewehrung, die einer zusätzlichen Normalkraftbeanspruchung unterworfen sind, verkompliziert sich der Ausdruck für die Tragfähigkeit erheblich. Hier ist

$$m_{uth} = \omega_s \cdot k_z + \mu_s' \left(1 - \frac{h'}{h} - k_z\right) \cdot \frac{\epsilon_s' \cdot E}{b_s'} + \frac{\sigma_N \cdot d}{b_p \cdot h} \frac{(1 - d - k_z)}{2h}$$

wenn der Stahl maßgebend ist

$$m_{uth} = k_x \cdot \alpha_R \cdot k_z + \mu_s' \cdot \frac{\sigma_{sL}'}{\beta_s} \frac{(1 - \frac{h'}{h})}{h} + \frac{\sigma_N \cdot d}{\beta_p \cdot h} \frac{(1 - d)}{2h} \quad (2.4)$$

wenn die Betondruckzone maßgebend ist

In Bild 2.1 sind die theoretischen Tragfähigkeiten in Abhängigkeit vom Bewehrungsgrad aufgetragen. Variiert wurden dabei die Scharparameter $\gamma = A_s'/A_s$ und $\eta = e/d$ im praxisüblichen Bereich. Daraus wird die bekannte Tatsache deutlich, daß durch Einlegen einer Druckbewehrung und durch Hinzutreten einer Druckkraft die Biegetragfähigkeit gesteigert wird. Für den nachfolgenden Vergleich mit den experimentell ermittelten Tragfähigkeiten wird die Kurve mit $\eta = \infty$ und $\gamma = 0$ als Normkurve ausgewählt, da sie einfach zu ermitteln ist und den unteren theoretischen Traglastbereich abdeckt.

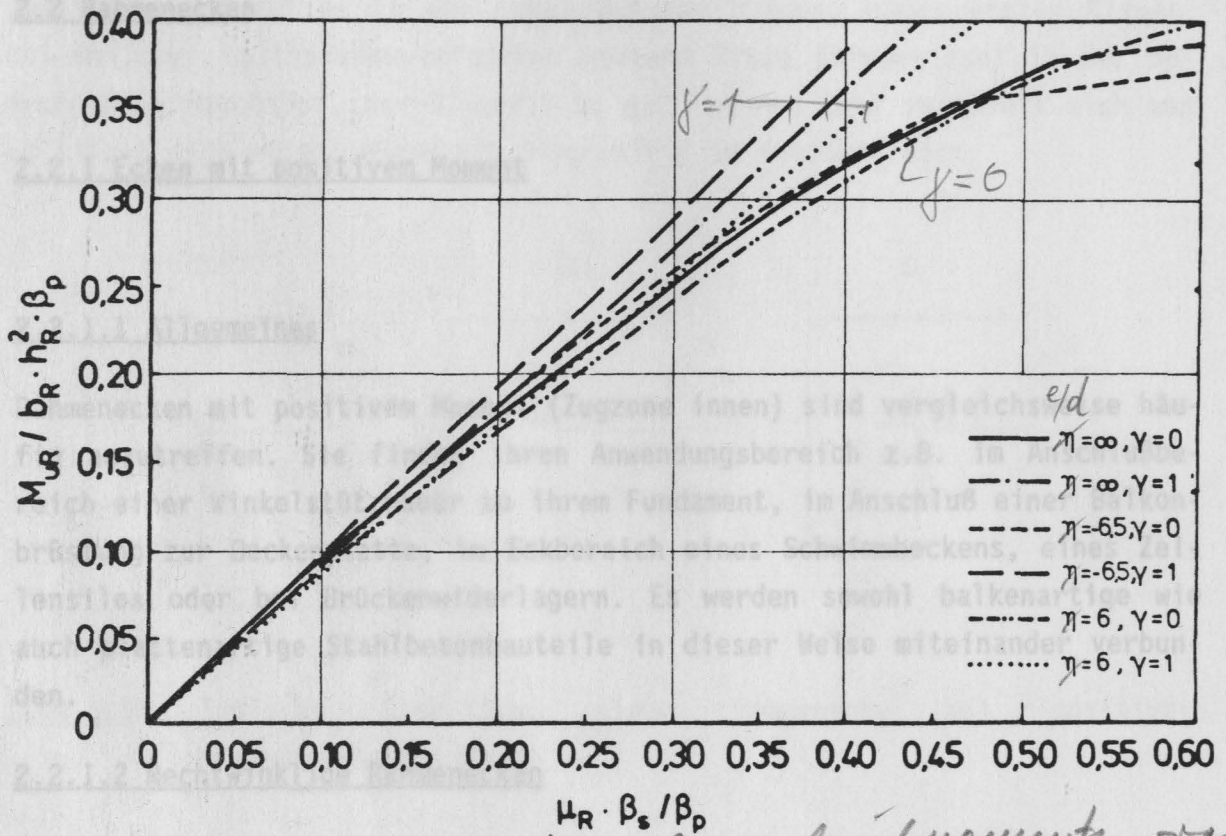


Bild 2.1:

Abhängigkeit der ~~theoretischen Traglast~~ ^{rechnerischen Bruchlast} vom Bewehrungsgrad

Auswille einer Längskraft und dem Bewehrungsverhältnissen

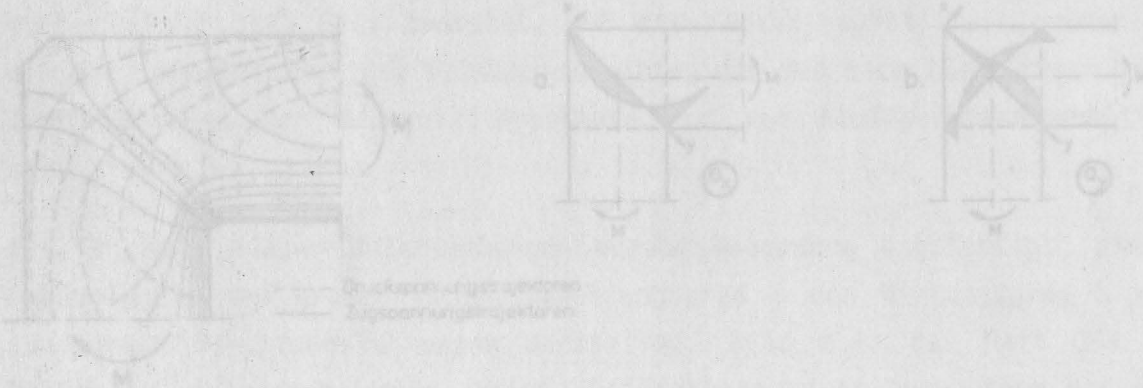


Bild 2.2: Spannungsverteilung und -verlauf in einer Rahmenecke mit positiver Momentenbeanspruchung im ungerissenen Zustand

2.2 Rahmenecken

2.2.1 Ecken mit positivem Moment

2.2.1.1 Allgemeines

Rahmenecken mit positivem Moment (Zugzone innen) sind vergleichsweise häufig anzutreffen. Sie finden ihren Anwendungsbereich z.B. im Anschlußbereich einer Winkelstützmauer zu ihrem Fundament, im Anschluß einer Balkonbrüstung zur Deckenplatte, im Eckbereich eines Schwimmbeckens, eines Zeltilenos oder bei Brückenwiderlagern. Es werden sowohl balkenartige wie auch plattenartige Stahlbetonbauteile in dieser Weise miteinander verbunden.

2.2.1.2 Rechtwinklige Rahmenecken

In Bild 2.2 ist die Spannungsverteilung bei dieser Knotenform unter positiver Momentenbeanspruchung im ungerissenen Zustand wiedergegeben. Auffällig ist die Zugspannungsspitze in der inneren Rahmenecke.

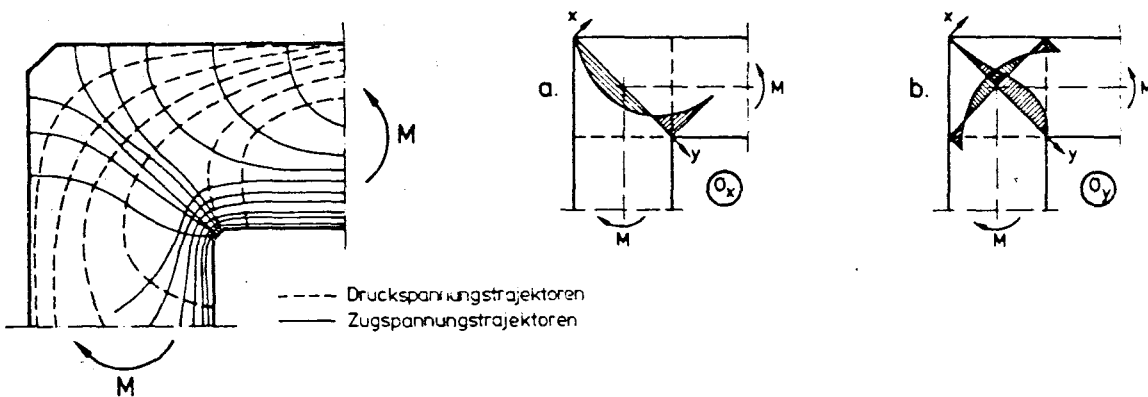


Bild 2.2: Spannungsverteilung und -verlauf in einer Rahmenecke mit positiver Momentenbeanspruchung im ungerissenen Zustand

Entsprechend kommt es in der Ecke auch zur Bildung eines ersten Risses. Bei weiterer Lastzunahme entstehen weitere Risse (Biegerisse) in den angrenzenden Bauteilen, der Biegeriß in der inneren Ecke vergabelt sich und es bildet sich anschließend ein Diagonalriß im Knotenbereich.

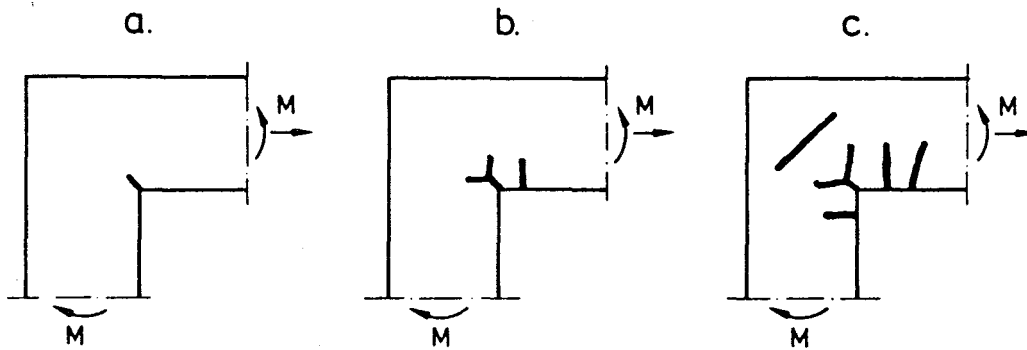


Bild 2.3: Typische Rißbildung einer Rahmenecke mit positiver Momentenbeanspruchung

Wie schon erwähnt, wurden die bisherigen Versuche überwiegend mit der Zielsetzung durchgeführt, eine optimale Bewehrungsform herauszufinden. Optimal heißt in diesem Falle, daß der sogenannte Wirkungsgrad des Knotens größer als 1 ist. Dies bedeutet, daß die Knotentragfähigkeit größer ist als die Tragfähigkeit der Rahmenanschnitte, die man sich theoretisch unter Zugrundelegung der Bernoulli-Hypothese und von Stoffgesetzen ermittelt hat.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurden Diagramme angefertigt, die in Abhängigkeit vom geometrischen Bewehrungsgrad μ den Wirkungsgrad η verschiedener Bewehrungsführungen darstellen. Bild 2.4, das Heft 354 des DAfStb /8/ entnommen wurde, zeigt als Ergebnis einer Auswertung von über 170 Versuchen ein solches Wirksamkeitsdiagramm. Aufgrund dieses Diagramms ergibt sich die Schlußfolgerung, daß man nur bei kleinen Bewehrungsgehalten bis 0,4 % auf eine Schrägbewehrung verzichten kann, und daß nur die mit Symbol x gekennzeichneten Bewehrungsformen eine optimale Funktion erfüllen. Entsprechendes ist in DIN 1045 festgeschrieben (siehe auch Abschnitt 4.2).

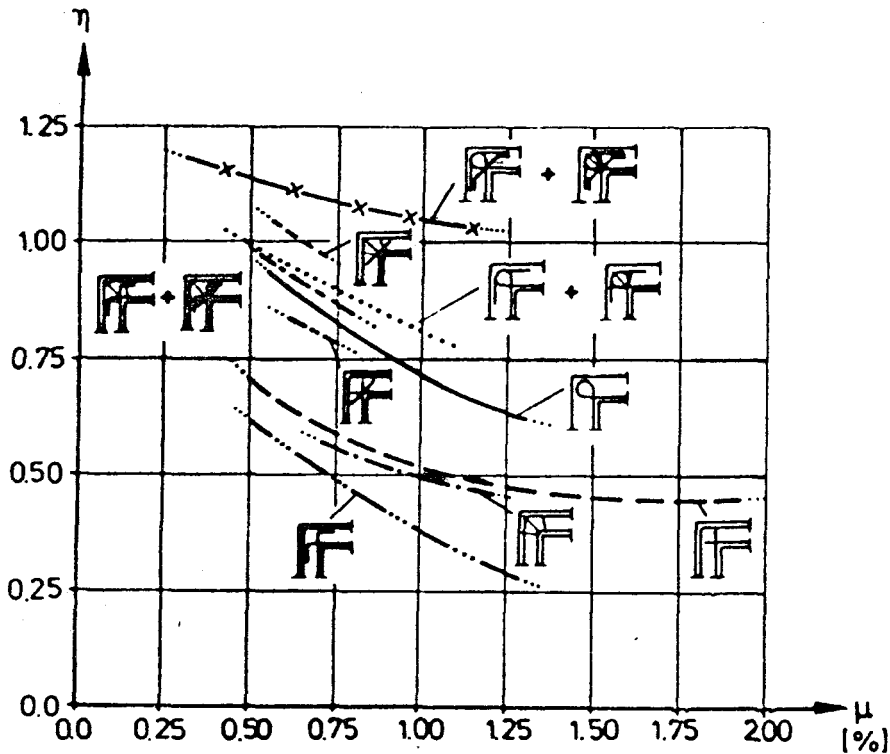


Bild 2.4: Ecken mit positivem Moment; Wirkungsgrad verschiedener Bewehrungsführungen

Nach DIN 1045 muß die Bewehrungsfläche A_{ss} der Schrägbewehrung bei Zugbewehrungsgehalten μ des Riegelanschnittes $< 1,0 \%$ mindestens der Hälfte dieses Bewehrungsanteils und für $\mu > 1 \%$ dem gesamten Bewehrungsanteil entsprechen. Unter Beachtung der Tatsache, daß die Tragfähigkeit bzw. die Wirksamkeit eines Rahmenknotens nicht ausschließlich vom geometrischen Bewehrungsgrad und der Bewehrungsform, sondern auch von der Betongüte und der Verbundeigenschaft abhängt, scheint eine eingehende Betrachtung der ausgeführten Untersuchungen unerläßlich. Hierbei soll neben der Tragfähigkeit auch die Duktilität des Knotens betrachtet werden sowie die Möglichkeit aufgezeigt werden, unter "Verzicht auf Tragfähigkeit" eine einfache Bewehrungsform einzusetzen. Deshalb sind alle verfügbaren Versuche ausgewertet worden und ihre Ergebnisse liegen den nachfolgenden Untersuchungen zugrunde.

Ausgewertet wurden Versuche von Nilsson /4/, Balint/Taylor /13/, Kordina/Fuchs /14/, van Dijk/Nelissen/van Stekelenburg /15/, bzw. Stroband/Kolpa /21/, Mayfield/Kong/ Bennison/Twisten /18/, Noor /19/, Kordina/Wiedemann /7/, Skettrup/Stabo/Anderson/Brondum-Nielsen /20/, Domingues /22/, Rehm/Stocker /23/, Walter/Dieterle /24/. Insgesamt sind 238 Versuche auf diese Weise erfaßt und dargestellt.

Um die Versuchsergebnisse miteinander vergleichen zu können, erscheint neben einer Normierung der Traglasten auch eine solche der Bewehrungsführung unerläßlich.

	1	2	3	4	5	6	7	8
K								
L								
M								
N								

Bild 2.5: Normierung der Bewehrungsführung

Hierzu sind, wie in Bild 2.5 dargestellt, 4 Bezeichnungsebenen gewählt, von denen die Ebene K die Bewehrungsform der Zugbewehrung im Knotenbereich, die Ebene L diejenige der Zusatzbewehrung, die Ebene M die Bügel bzw. Netzbewehrung und die Ebene N die der Anordnung einer Druckbewehrung bzw. Voute vertritt. Aus Gründen der Vereinfachung wird nachfolgend die Bewehrungsführung durch eine vierstellige Zahl angegeben, wobei die erste Zahl K, die zweite L, die dritte M und die vierte N darstellt.

So bedeutet z.B. die Bewehrungsführungskennzahl 5070 eine Bewehrungsform der Zugbewehrung $K = 5$; keine Zusatzbewehrung, eine Anordnung von Querbewehrung und keine Anordnung von Vouten bzw. einer Druckbewehrung.

Als Kennzeichen für die Bewehrungsmenge wurde nicht wie in den gängigen Veröffentlichungen der geometrische (μ_s), sondern der mechanische Bewehrungsgrad ω_s benutzt, da hierin auch die Einflußgrößen Beton- bzw. Bewehrungsstahlgüten beinhaltet sind.

Dem ~~in DIN 1045 festgelegte~~ Grenzbewehrungsgrad von $\mu_s = 0,4 \%$ entspricht z.B. bei einem Stahl der Güte BSt 420/500 und einer Betongüte B 25 der mechanische Bewehrungsgrad ω_s von 0,065 und bei der gleichen Stahl- und einer Betongüte B 55 ein ω_s von 0,03.

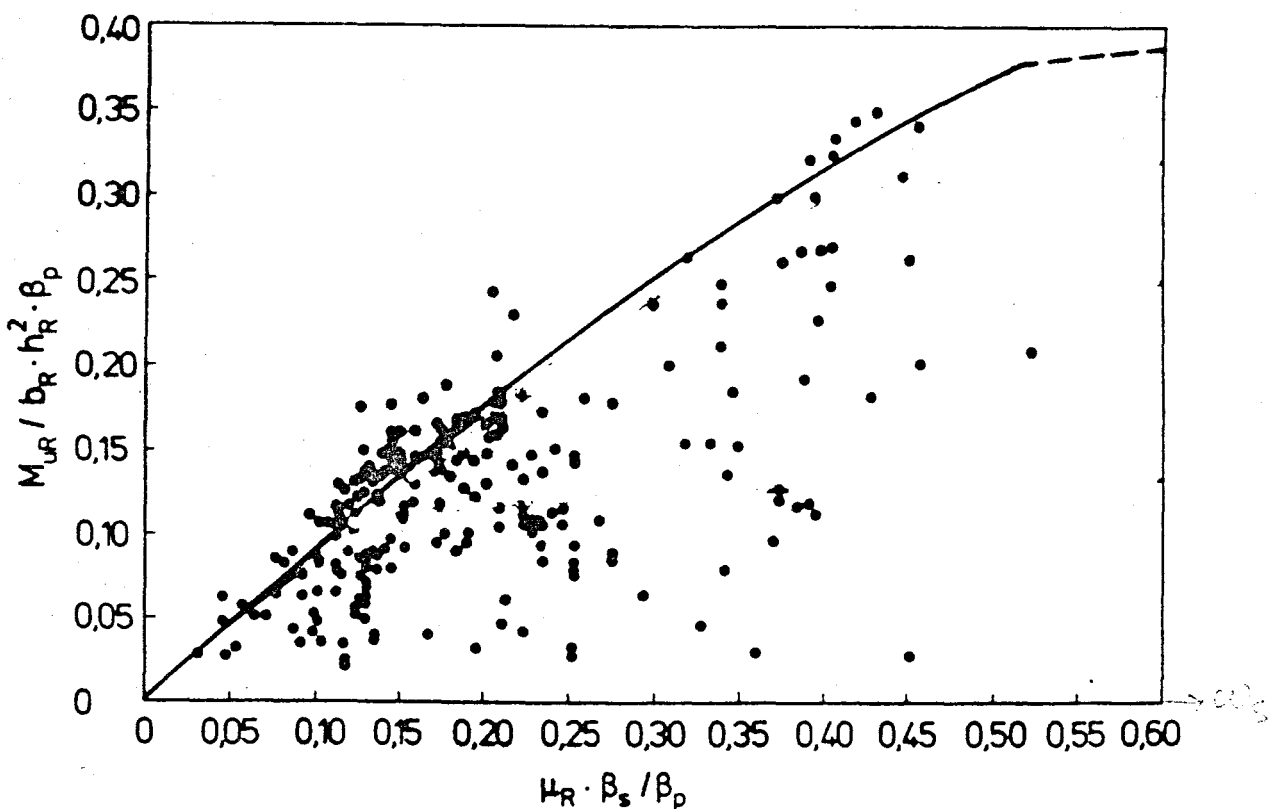


Bild 2.6: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei rechtwinkligen Rahmenecken mit positivem Moment

In Bild 2.6 ist die bezogene Traglast dieser Versuche in Abhängigkeit vom mechanischen Bewehrungsgrad dargestellt. Außerdem ist in dem Bild die theoretische Traglastlinie eines durch reine Biegung beanspruchten Querschnitts ohne Druckbewehrung eingetragen. Obwohl Versuche mit sehr unterschiedlicher Bewehrungsführung im Knotenbereich zusammengefaßt werden, ist doch eine Tendenz erkennbar. Nur bis zu einem gewissen mechanischen Bewehrungsgradbereich, der abhängig von der Bewehrungsführung und der Normalkraft sowie dem Verhältnis der Zug- zur Druckbewehrung im Riegelanschnitt ist, entspricht die Traglast der nach der technischen Biegelehre vorhergesagten. Bei hohen Bewehrungsgehalten ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, keine wesentliche Tragfähigkeitssteigerung zu erwarten. Hier wird die Tragfähigkeit im wesentlichen von der Ausbildung der schrägen Druckstrebe im Knotenbereich sowie von deren Festigkeit bestimmt.

Sehr wichtig zur Beurteilung des Trag- und Verformungsverhaltens von Rahmenecken unter positiver Momentbeanspruchung ist die Darstellung des Dehnungsverlaufes der Hauptzugbewehrung im Rahmenknotenbereich. Hierzu werden in Bild 2.7 die Ergebnisse des DAfStb Heftes 354 /8/ dargestellt. Daraus wird ersichtlich, daß bei der schlaufenartig gekrümmten Bewehrung, schon im Anfang des Krümmungsbereiches der größte Teil der Stahlspannungen durch Verbund abgebaut wird Bild 2.8, das ebenfalls dem DAfStb Heft 354 entnommen wurde, gibt einen Eindruck von den Verformungsvorgängen im Eckbereich; die gemessenen Verschiebungen der Schenkelenden sind stets größer als Rechenwerte unter Zugrundelegung der Steifigkeiten des Zustandes II. Dies läßt darauf schließen, daß die Verformungsvorgänge im Eckbereich Einfluß auf die sogenannte Winkeltreue besitzen. Bei den in Heft 354 beschriebenen Versuchen lag die Winkeländerung der Versuchskörper unter Gebrauchslast etwa bei $0,2^\circ$.

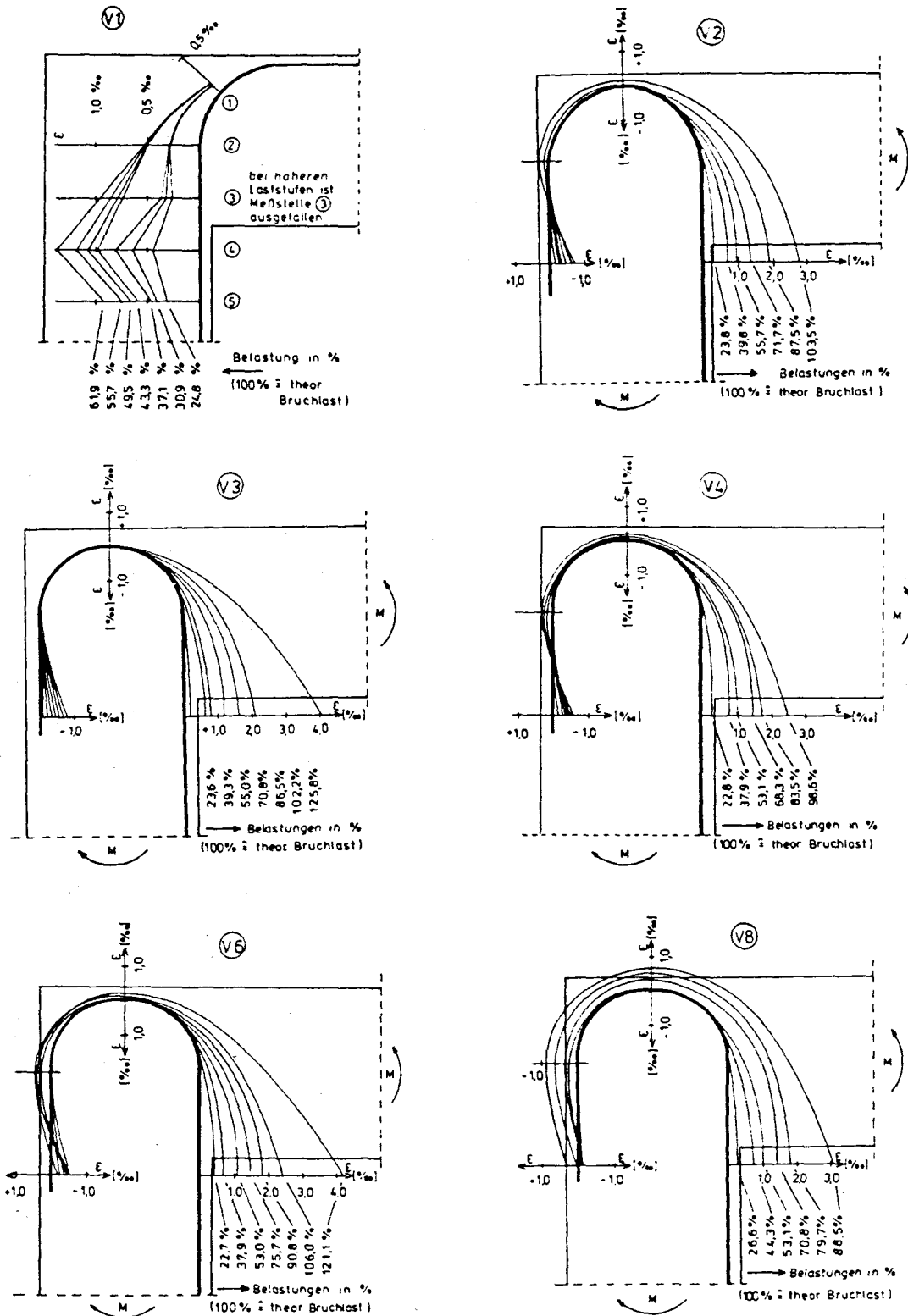


Bild 2.7: Verlauf der Dehnungen in der Hauptbewehrung bei Versuchen mit positiver Momentenbelastung

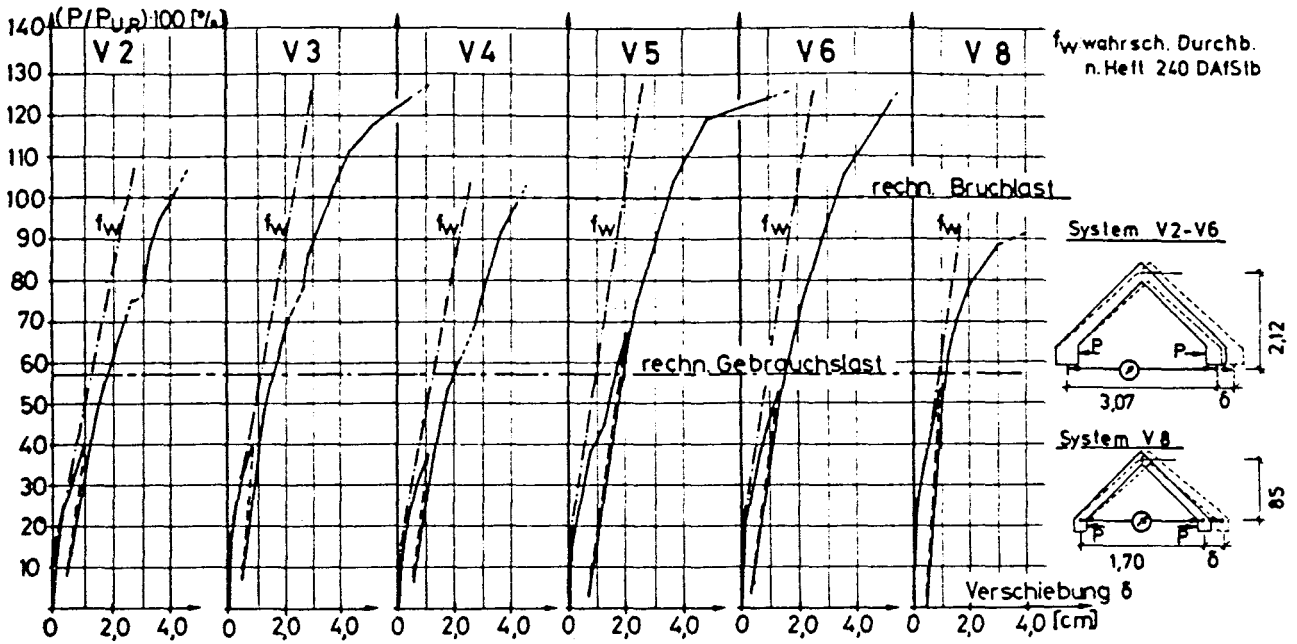


Bild 2.8: Verschiebung der Schenkelenden bei Versuchen mit positiver Momentenbelastung

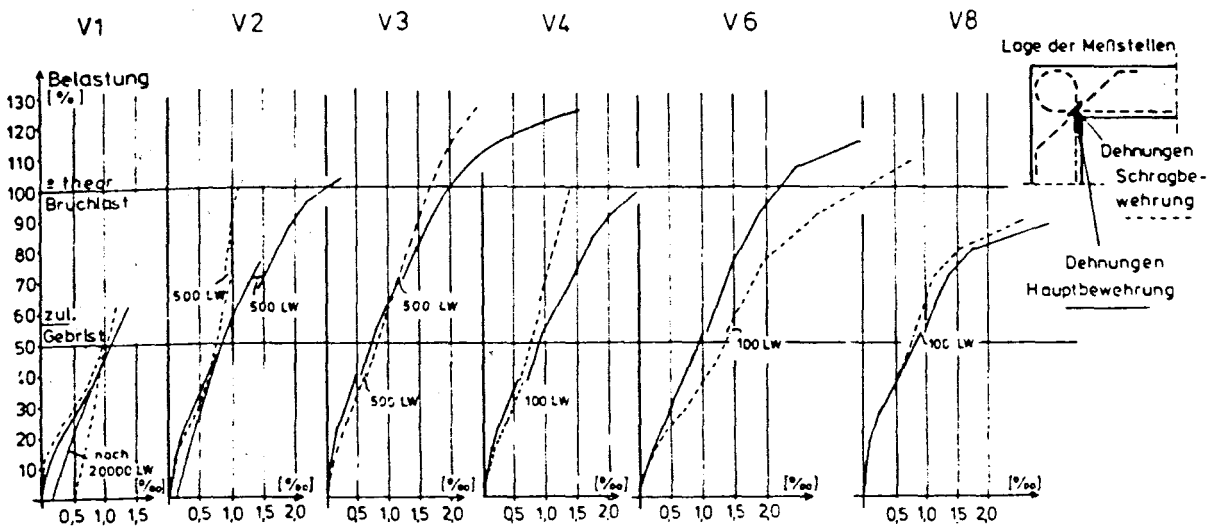


Bild 2.9: Dehnungen der Haupt- und Schrägbewehrung bei Ecken mit positiver Momentenbelastung

In Bild 2.9 sind die Dehnungen der Schrägbewehrung für die im DAfStb Heft 354 beschriebenen Versuche dargestellt während der Querschnitt der Schrägbewehrung bei den Versuchskörpern V5 und V6 nur 30 % der Hauptbewehrung beträgt, wurden bei den übrigen Versuchskörpern 50-60 % der Hauptbewehrung als Schrägbewehrung angeordnet. Unter rechnerischer Gebrauchslast traten bei den Versuchen mit 50 % Schrägbewehrung Dehnungen um 1 ‰ auf, während bei 30 % Schrägbewehrung die Dehnungen rund 1,25 ‰ betrugen, also geringfügig größer als die unter Gebrauchslast zulässige Beanspruchung waren. Die Rißbreiten betragen bei kleinerem Prozentsatz der Schrägbewehrung schon unter Gebrauchslast 0,3-0,45 mm und überschritten somit die als zulässig erachteten Rißbreiten. Die Rißbreiten bei einem Schrägbewehrungsanteil von 50-60 % betrugen zwischen 0,1-0,3 mm, was noch als zulässig angesehen werden kann. Eine ähnliche Tendenz ergibt sich aus den Versuchen von Stroband/Kolpa /21/. Die bei diesen Untersuchungen gemessenen maximalen Rißweiten unter Gebrauchslast sind in Bild 2.10 dargestellt. Auch hier wird deutlich, daß durch die Anordnung einer Schrägbewehrung die Rißbreite in Gebrauchslast drastisch reduziert werden kann.

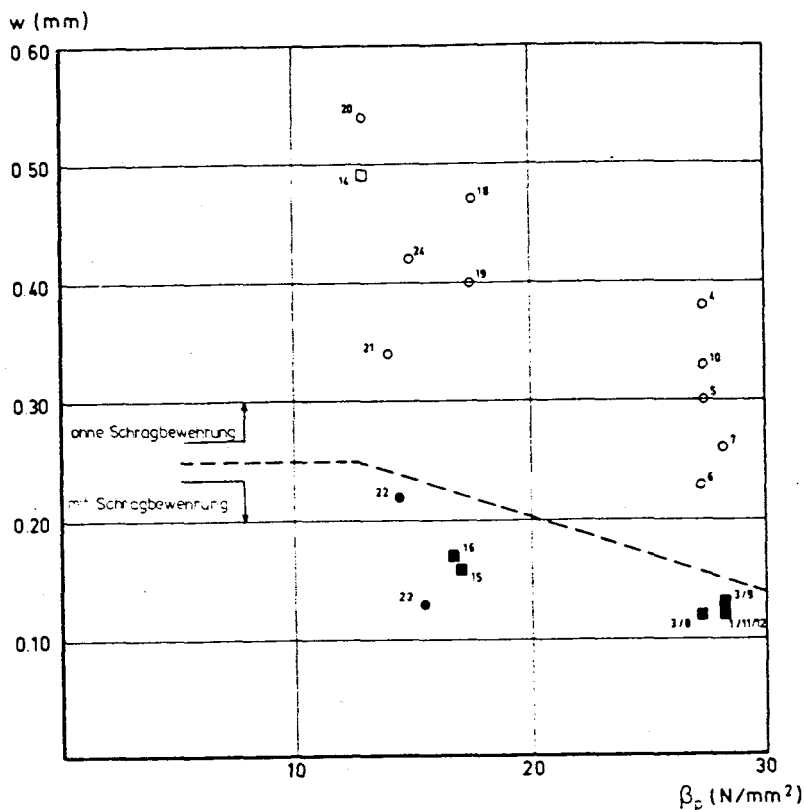


Bild 2.10: Rißweiten der Versuche von Stroband/Kolpa /21/ unter Gebrauchslast

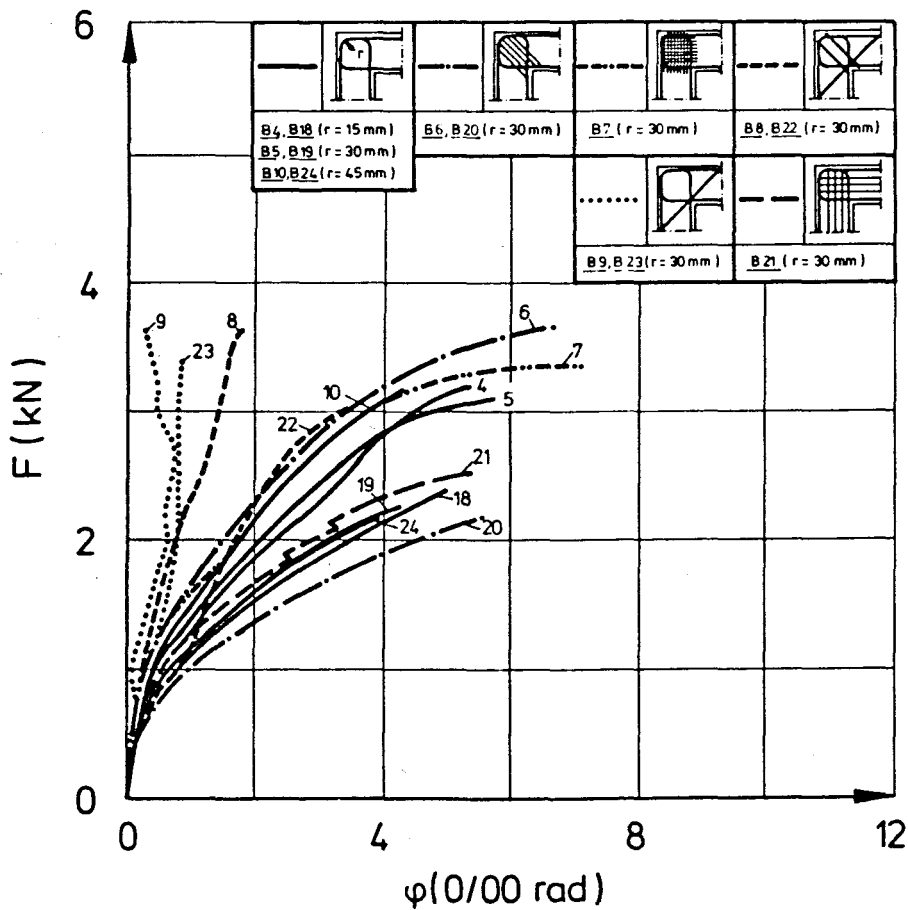
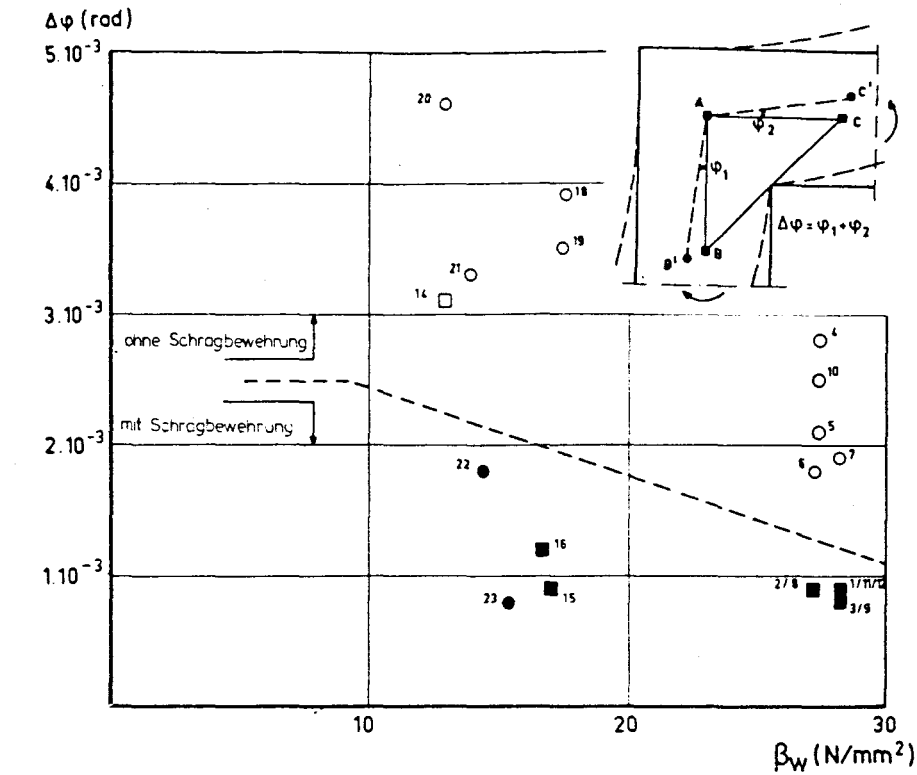


Bild 2.11: Winkeländerungen der Versuchskörper von Stroband/Kolpa /21/
a) unter Gebrauchslast b) in Abhängigkeit von der Last

Auch hinsichtlich der Winkeltreue ist ein ähnliches Verhalten festzustellen. Die Versuche von Stroband/Kolpa zeigen, daß die geringste Abweichung von der Rechtwinkligkeit bei Rahmenecken mit Schrägbewehrung und hoher Betongüte festzustellen sind. Unter der Annahme, daß die Winkeländerung umgekehrt proportional zur Biegefestigkeit der Knoten ist, kann vorausgesetzt werden, daß durch Zulage von Schrägbewehrung die Knotensteifigkeit ansteigt.

Im folgenden wird das Tragverhalten in Abhängigkeit von der Bewehrungsführung im Knotenbereich einer eingehenden Prüfung unterworfen.

Die Bewehrungsführung beeinflusst nicht nur die Traglasthöhe, sondern auch die Verformbarkeit sowie die sekundären Rißbildungen nach Entstehen des Erstrisses in der inneren Ecke (siehe Bild 2.12).

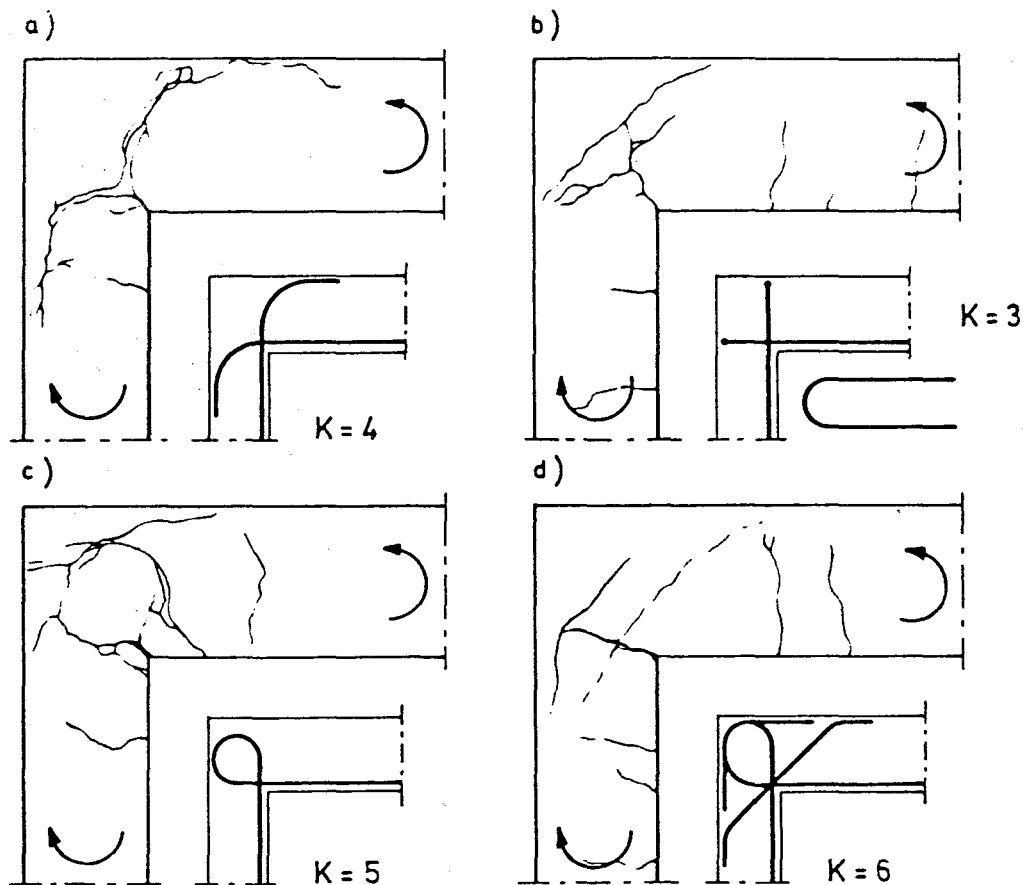


Bild 2.12: Rißbilder von Rahmenecken mit verschiedenen Bewehrungsarten bei positivem Moment

Bewehrungsführung K = 1

Diese Bewehrungsführung erfüllt ihre Aufgabe, von Beton nicht mehr übertragbare Zugkräfte zu übernehmen nur dann, wenn durch Einlegen von Schrägbügeln ein inneres Fachwerksystem aufgebaut werden kann. Ansonsten erfolgt nach der Rißbildung ein plötzliches Versagen bedingt durch die nicht aufnehmbare Ulenkkraft an der inneren Ecke. (siehe auch Bild 2.13)

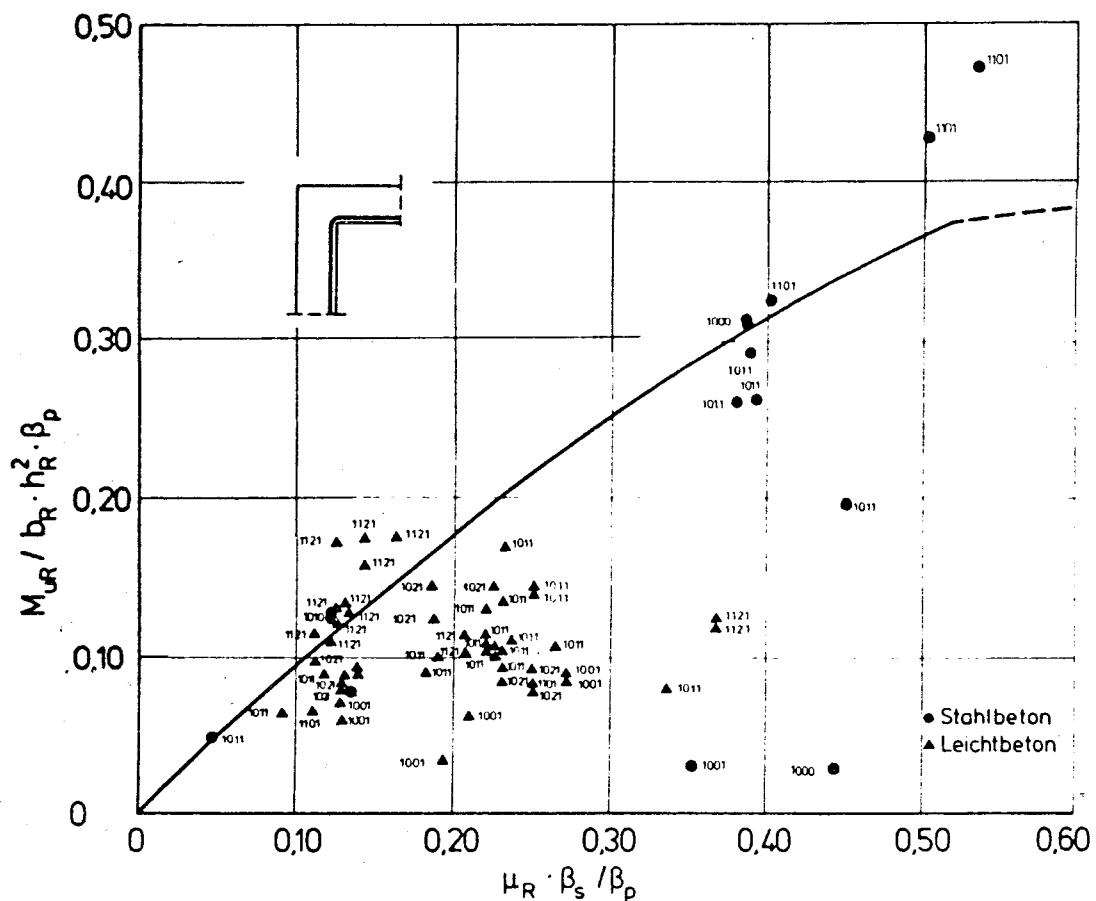


Bild 2.13: Tragfähigkeit von Rahmenecken mit öffnendem Moment und der Bewehrungsführung K = 1

Bewehrungsführung K = 2

Auch diese Bewehrungsführung, bei der die Hauptzugbewehrung des Riegels bzw. des Stieles am jeweiligen Ende des entsprechenden Bauteiles endet, erfüllt in der Regel ohne Zusatzmaßnahmen nicht ihre eigentliche Aufgabe. Bedingt durch die bei den Versuchskörpern vorhandene kleine Bauhöhe kann eine Übertragung der Stahlzugkräfte über Verbund auf den Beton nicht erfolgen. Es kommt auch hier zu einem plötzlichen Versagen nach der Rißbildung. (siehe Bild 2.14)

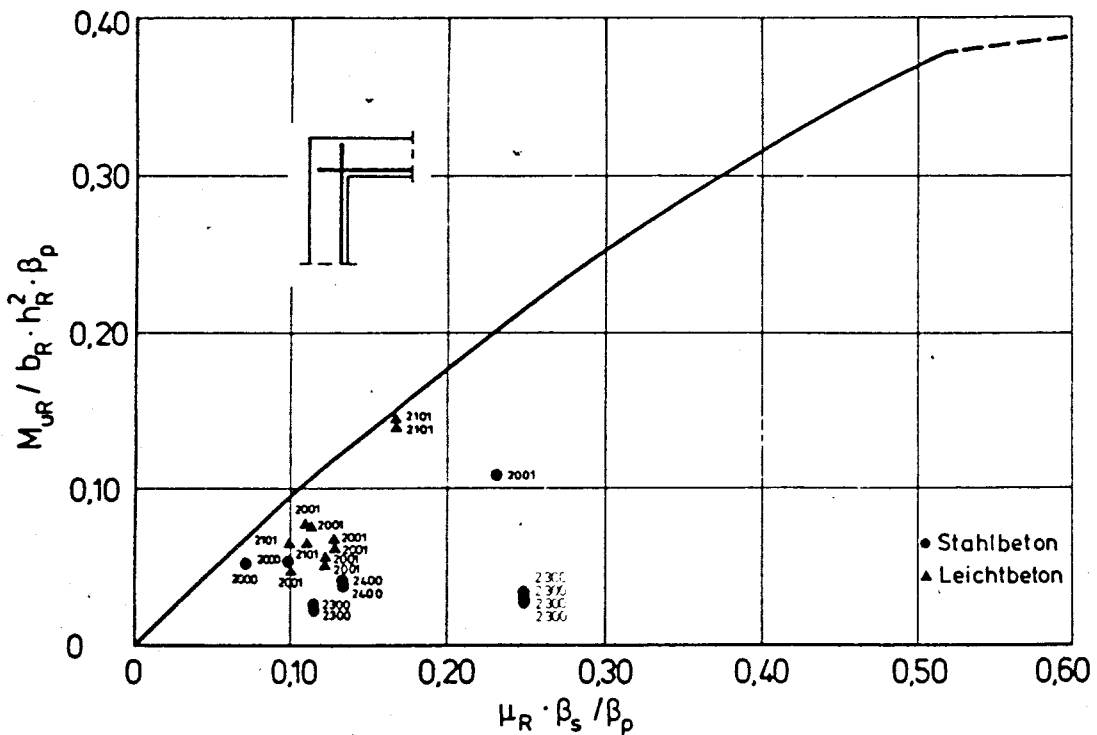


Bild 2.14: Tragfähigkeit von Rahmenecken mit öffnendem Moment und der Bewehrungsführung K = 2

Bewehrungsführung K = 3

Bei Verankerung der Bewehrung in Form von Haarnadeln ist die Tragfähigkeit höher als bei der Bewehrungsführung K = 2. Hier kann sich nach der Rißbildung ein inneres Kräftesystem aufbauen. Bild 2.15 in der die Tragfähigkeit derart bewehrter Rahmenknoten in Abhängigkeit vom Riegelbewehrungsgrad aufgezeigt ist zeigt jedoch, daß oberhalb eines mechanischen Bewehrungsgrades von 0,15 im Allgemeinfall keine Tragfähigkeitssteigerung mehr möglich ist. Gewisse Tragfähigkeitserhöhungen sind durch Anordnung von Schrägbewehrung bzw. durch Vouten möglich.

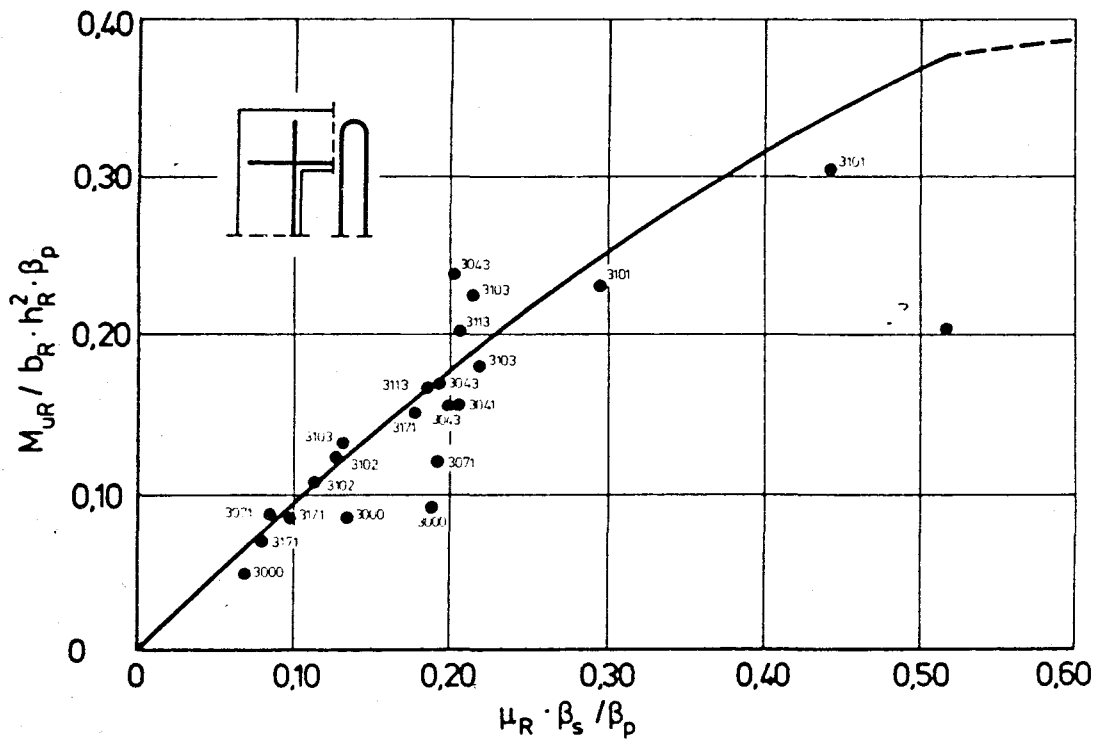


Bild 2.15: Tragfähigkeit von Rahmenecken mit öffnendem Moment und der Bewehrungsführung K = 3

Bewehrungsführung K = 4

Die Bewehrungsführung wurde zu Beginn der Rahmeneckenuntersuchungen bevorzugt eingesetzt, da man sich hierbei von der alten Konstruktionsregel leiten ließ, im Zugbereich keine Stäbe zu verankern.

Die Einhaltung dieser Regel, die darin besteht, daß man die Zugbewehrung des einen Rahmenbauteils in der Druckzone des anderen verankert (Bild 2.12), bewirkt im Gegenteil eine drastische Reduzierung der Knotentragfähigkeit (siehe Bild 2.16).

Der Grund ist darin zu suchen, daß nach Diagonalrißbildung die sich ausbildende Diagonaldruckstrebe kein Widerlager findet und unmittelbar danach der Bruch eintritt (siehe Bild 2.17).

Eine Erhöhung der Tragfähigkeit und die Ausbildung eines Fachwerksystems ist nur durch die Anordnung von Diagonalbügeln möglich, welche die Diagonalzugkraft aufnehmen müssen.

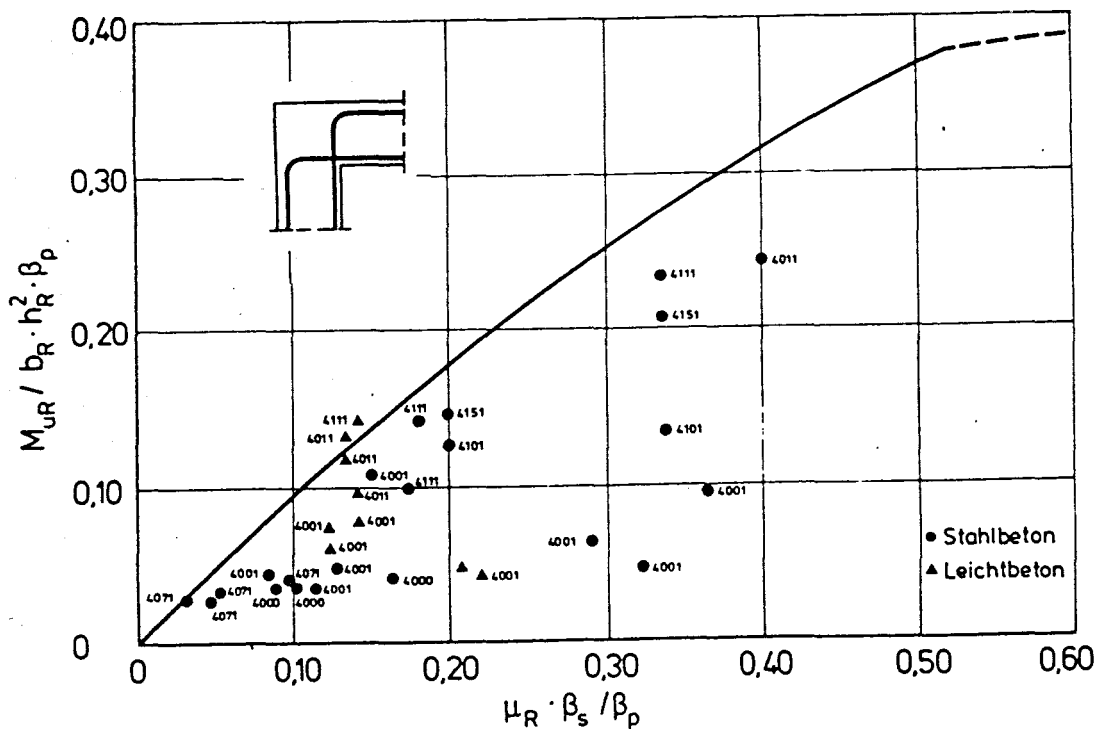


Bild 2.16: Tragfähigkeit von Rahmenecken mit öffnendem Moment und der Bewehrungsführung K = 4

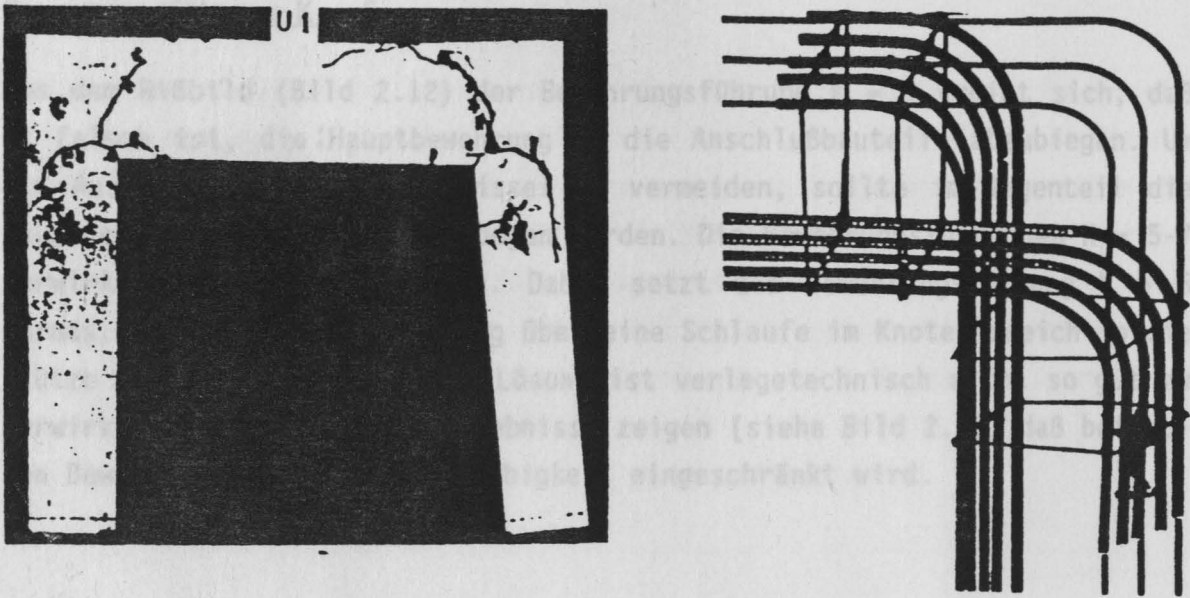


Bild 2.17: Bruchbild einer nach Detail K = 4 bewehrten Rahmenecke

In Heft 354 des DAfStb ist ein Ansatz entwickelt, ab welchen Grenzbewehrungsgrad μ_R^* Diagonalbügel notwendig sind. Danach ist

$$\mu_R^* = \frac{\beta_{sZ}}{\beta_s \cdot 2 \cdot \sin \alpha/2} \quad (2.5)$$

wobei α den Knickwinkel darstellt. Unter Einführung des mechanischen Bewehrungsgrades $\omega_R = \mu_R \cdot \beta_s / \beta_p$ ergibt sich für $\alpha = 90^\circ$

$$\omega_R^* = \frac{\beta_{sZ}}{\beta_p \cdot \sqrt{2}} \quad (2.6)$$

Hierbei stellt β_{sZ} die Spaltzugfestigkeit des Betons dar, die sich nach der einschlägigen Literatur zu:

$$\beta_{sZ} = k \cdot \beta_{w28}^{2/3} \quad \text{mit } 0,22 \leq k = 0,32 \quad (2.7)$$

ergibt. Setzt man den unteren Grenzwert der Spaltzugfestigkeit in Gleichung (2.6) ein, führt dies bei den gängigen Betongüten zu einem ω_R^* von 0,10-0,15. Dieses Ergebnis wird durch die Versuchsergebnisse bestätigt.

Bewehrungsführungen K = 7 + 8

Diese Lösungen wurden von Stroband/Kolpa /21/ entwickelt und sollten die bei der Bewehrungsführung K = 6 festgestellten Risse in Richtung der Hauptbewehrung verhindern. Diese Lösung ist aber verlegetechnisch nicht gut zu verwirklichen. Zum anderen kann aus der geringen Anzahl der Untersuchungen keine Aussage in bezug auf die Wirksamkeit der Bewehrung gemacht werden.

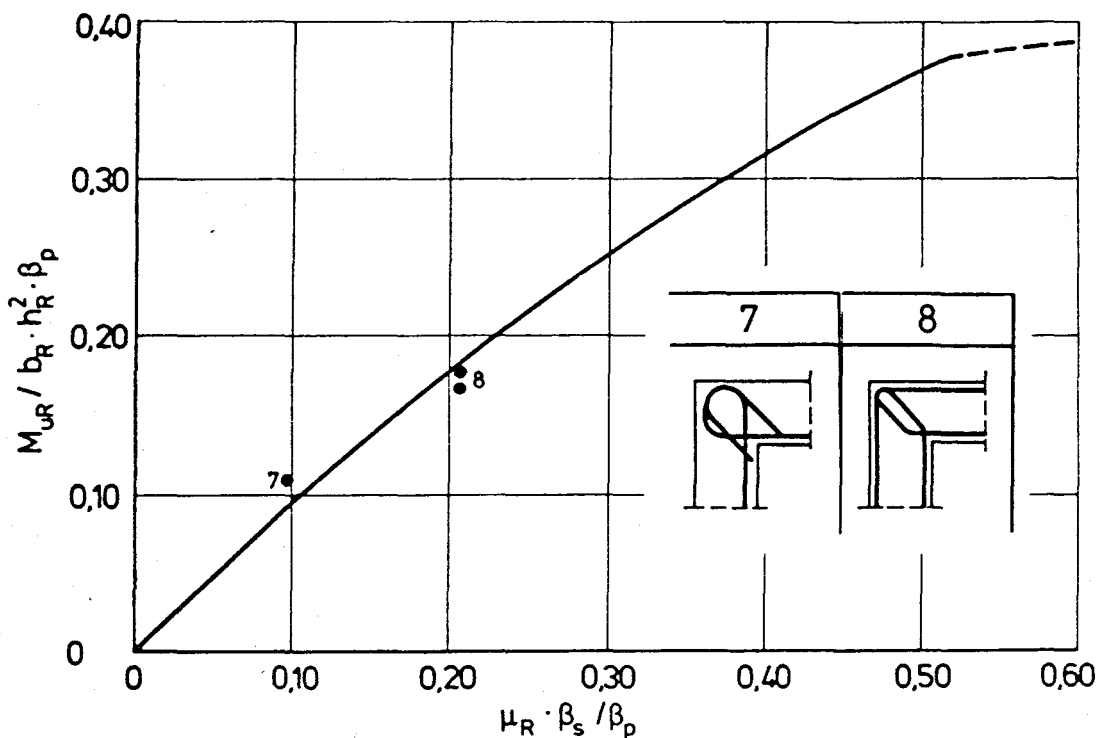


Bild 2.20: Tragfähigkeit von Rahmenecken mit öffnendem Moment und der Bewehrungsführung K = 7 + 8

2.2.1.3 Winkelstützwände

Winkelstützwände sind Rahmenecken, die durch ein positives Moment belastet sind, die jedoch im Gegensatz zu diesen noch einen außenliegenden Sporn besitzen.

Versuche über das Trag- und Verformungsverhalten sind ausschließlich von Nilson /4/ durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Bild 2.21 dargestellt. Es zeigt sich, daß bedingt durch die Vergrößerung der Rahmenecke eine Steigerung der Knotentragfähigkeit erreicht wird.

In dem Untersuchungsvorhaben von Nilsson wurde die Länge des Sporns sowie die Bewehrungsführung im Knoten variiert. Wie bei den Rahmenecken zeigt die Bewehrungsführung mit zur Druckzone abgeknickter Zugbewehrung die geringste Tragkraft, da die sich nach Entstehung des Diagonalrisses ausbildende Druckstrebe kein Widerlager findet.

Nilsson zieht folgende Schlüsse aus seinen Untersuchungen:

- Wenn die Sporngröße klein ist, sollten die Winkelstützmauern in gleicher Weise wie Rahmenecken mit positivem Moment bemessen werden.
- Wenn der Sporn eine ausreichende Länge besitzt, sollte die Zugbewehrung der Wand auf der Unterseite desselben verankert werden. Die Verankerungslänge l_d sollte von der Außenseite der Wand an gerechnet werden.
- In Bauteilen, bei denen nur eine begrenzte Rißweite erlaubt ist, sollten Schrägeisen eingebaut werden.

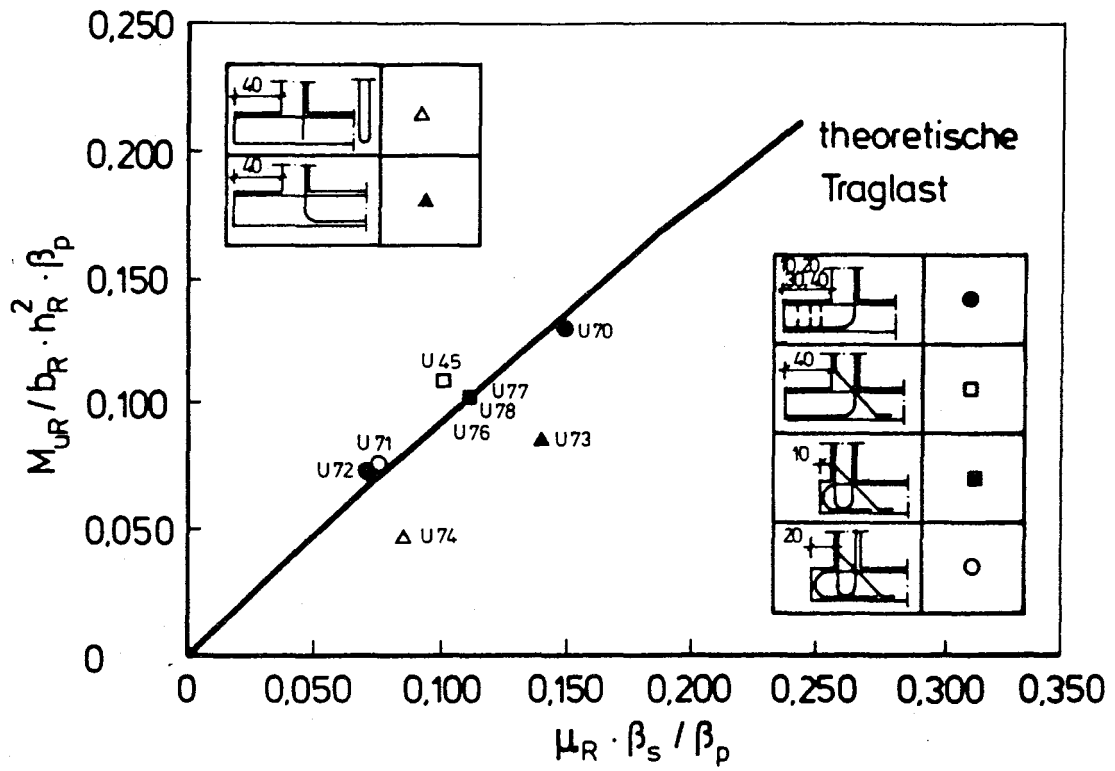


Bild 2.21: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei Winkelstützwänden

2.2.1.4 Stumpfwinklige Rahmenecken

Stumpfwinklige Rahmenecken kommen vor allem bei plattenartigen Bauteilen vor (Treppenläufe). Deshalb stehen bei den durchgeführten Untersuchungen von Nilsson /4/ und Kordina /8/ auch diese Platten im Mittelpunkt des Geschehens. Insgesamt sind 20 Untersuchungen an stumpfwinkligen Rahmenecken durchgeführt worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen in Abhängigkeit von der Traglast sind in Bild 2.22 dargestellt. In Bild 2.23 ist die Spannungsverteilung einer stumpfwinkligen Rahmenecke unter positiver Momentenbeanspruchung im ungerissenen Zustand dargestellt. Hier ist die Spannungsspitze an der inneren Rahmenecke noch größer als bei den rechtwinkligen Ecken.

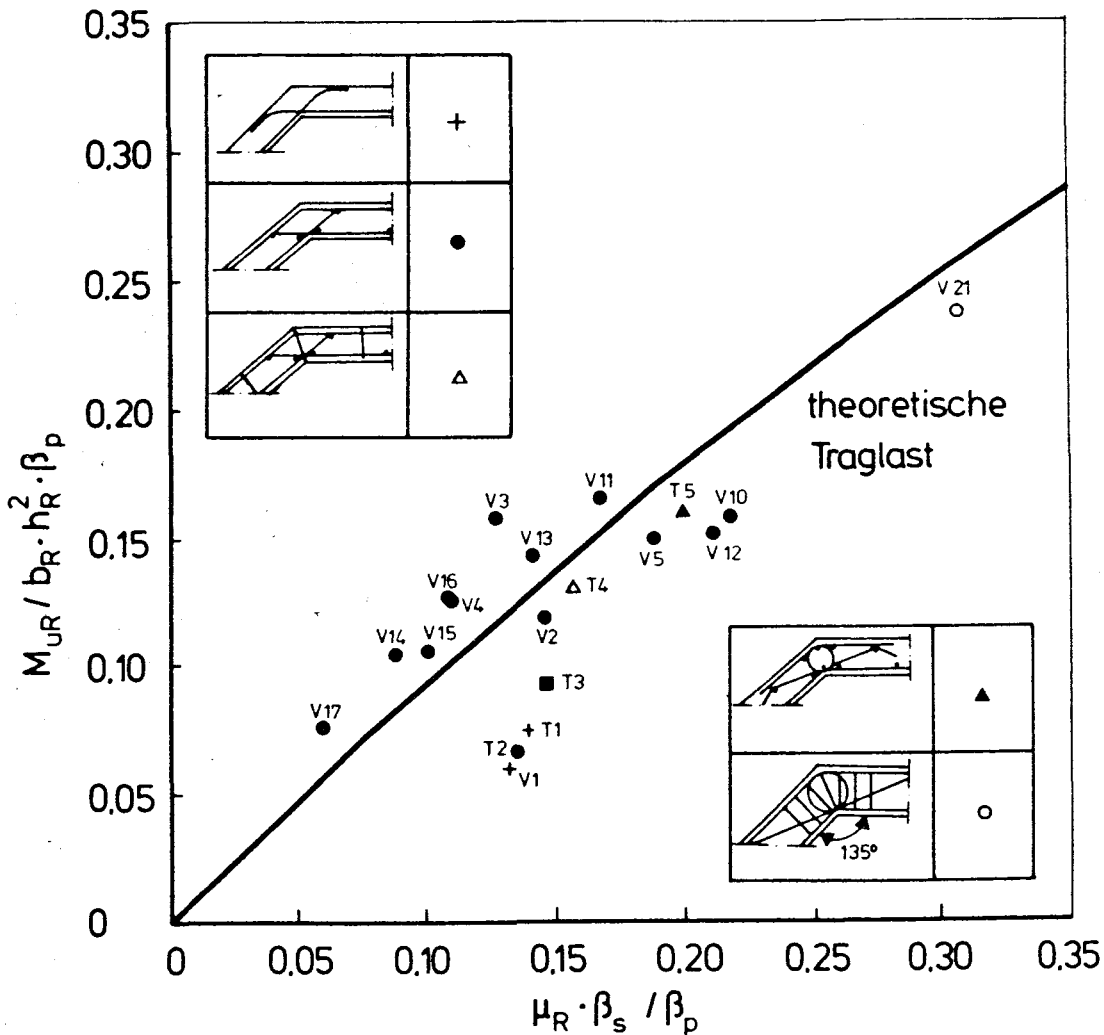


Bild 2.22: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei stumpfwinkligen Rahmenecken

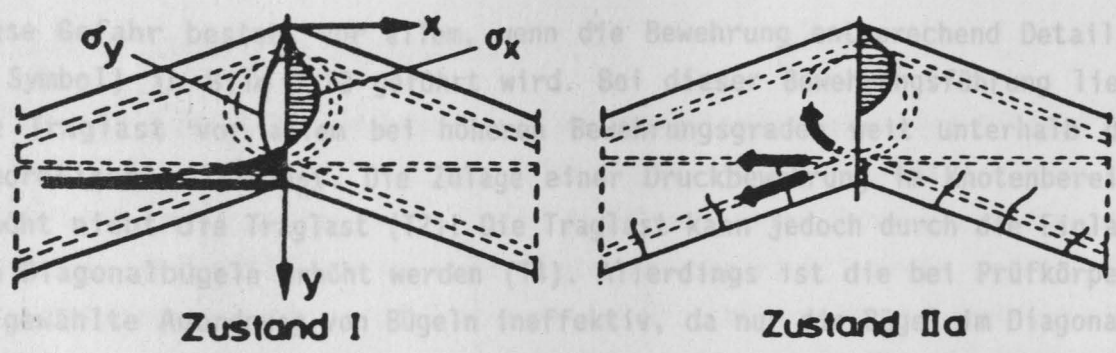


Bild 2.23: Spannungsverteilung von stumpfwinkligen Rahmenecken unter positiver Momentenbeanspruchung im ungerissenen Zustand

Entsprechend bildet sich auch nach Überschreiten der Betonzugfestigkeit ein Kehlriß, der sich bei weiterer Belastung verzweigt und die Gefahr der Abspaltung der außenliegenden Druckzone heraufbeschwört (siehe auch Bild 2.24).

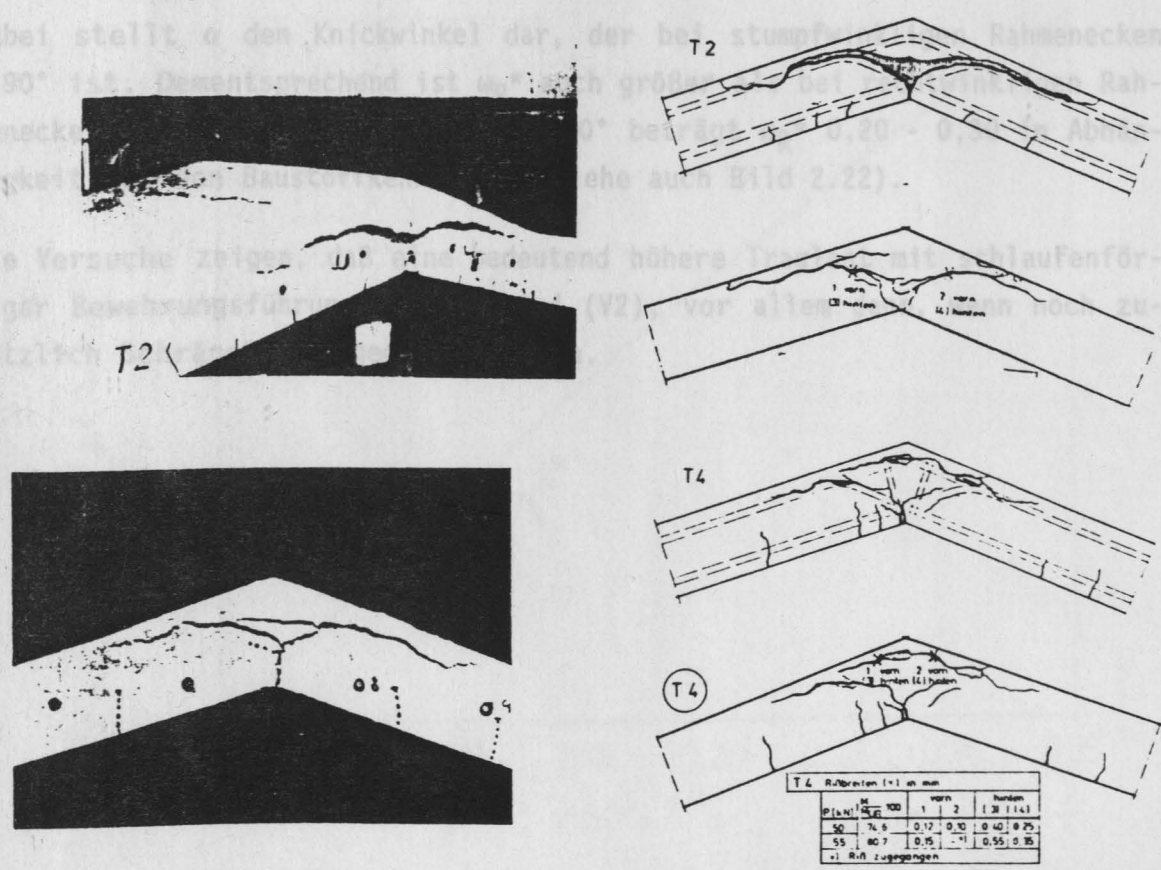


Bild 2.24: Riß- und Bruchbilder von stumpfwinkligen Rahmenecken

Diese Gefahr besteht vor allem, wenn die Bewehrung entsprechend Detail 1 (+ Symbol) in Bild 2.22 geführt wird. Bei dieser Bewehrungsführung liegt die Traglast vor allem bei höheren Bewehrungsgraden weit unterhalb der theoretischen Traglast. Die Zulage einer Druckbewehrung im Knotenbereich erhöht nicht die Traglast (T2). Die Traglast kann jedoch durch die Einlage von Diagonalbügeln erhöht werden (T4). Allerdings ist die bei Prüfkörpern T3 gewählte Anordnung von Bügeln ineffektiv, da nur die Bügel im Diagonalrißbereich einen Beitrag zur Verhinderung des Abspaltens der äußeren Druckzone leisten. Zur Ermittlung des Grenzbewehrungsgrades bei dessen Überschreitung eine Zulage von Diagonalbügeln erforderlich ist kann der in Heft 354 des DAfStb-Heftes entwickelte Ansatz zugrunde gelegt werden (siehe auch Gleichung (2.5)).

$$\omega_R^* = \frac{\beta_{sZ}}{\beta_p \cdot 2 \cdot \sin \alpha/2} \quad (2.8)$$

Dabei stellt α den Knickwinkel dar, der bei stumpfwinkligen Rahmenecken $< 90^\circ$ ist. Dementsprechend ist ω_R^* auch größer als bei rechtwinkligen Rahmenecken. Bei einem Knickwinkel von 40° beträgt ω_R^* 0,20 - 0,30 in Abhängigkeit von den Baustoffkennwerten (siehe auch Bild 2.22).

Die Versuche zeigen, daß eine bedeutend höhere Traglast mit schlaufenförmiger Bewehrungsführung erzielt wird (V2), vor allem dann, wenn noch zusätzlich Schrägstäbe angeordnet werden.

2.2.1.5 Spitzwinklige Rahmenecken

Auf diesem Gebiet liegen bisher nur wenige Untersuchungen von Nilsson /4/ an drei Versuchskörpern vor. Die Umlenkung der Biegezugkraft ist nach den bisherigen Untersuchungen nur durch Anordnung einer Schrägbewehrung möglich, die grundsätzlich in einer Voute untergebracht werden sollte. Die geprüften Versuchskörper sind nach diesen Gesichtspunkten hergestellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Bild 2.25 dargestellt. Daraus ergibt sich, daß die in den vorgehenden Abschnitten als mangelhaft erkannte Bewehrungsführung - nämlich ein Abknicken der Zugbewehrung des einen Riegels in die Druckzone des anderen - auch hier ein schlechtes Tragverhalten zeigt. Wesentlich bessere Ergebnisse zeigen die Versuchskörper, bei denen eine schlaufenförmige Bewehrung angeordnet wurde.

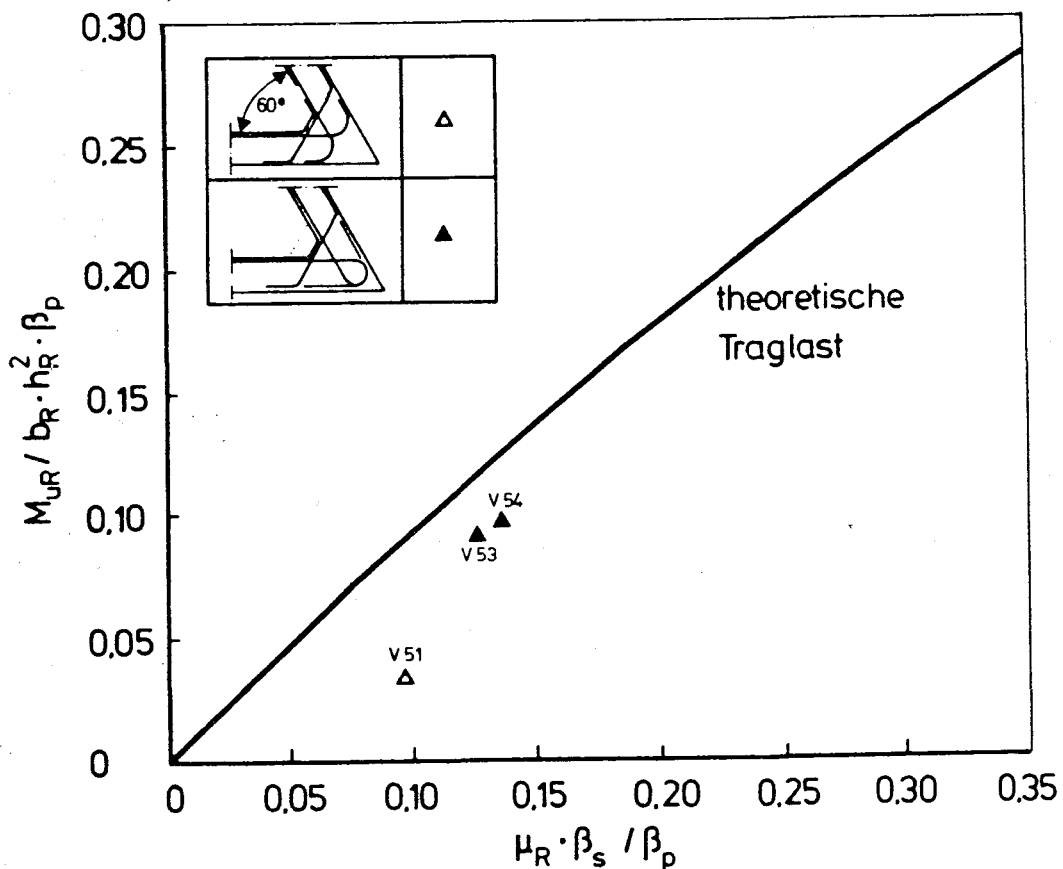


Bild 2.25: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei spitzwinkligen Rahmenecken

2.2.2 Rahmenecken mit negativem Moment

Rahmenecken mit negativem Moment sind in der Baupraxis vergleichsweise häufig anzutreffen. Hierbei ist noch eine konstruktive Eigenart zu beachten: dem Baufortschritt entsprechend wird in vielen Fällen nach Möglichkeiten gesucht, in Höhe der Riegelunterkante eine Arbeitsfuge anzuordnen. Solange bei diesen Ecken Zustand I vorliegt, stellt sich ein Spannungszustand ein, wie er in etwa einem homogenen und isotropen Baustoff entspricht (siehe Bild 2.26).

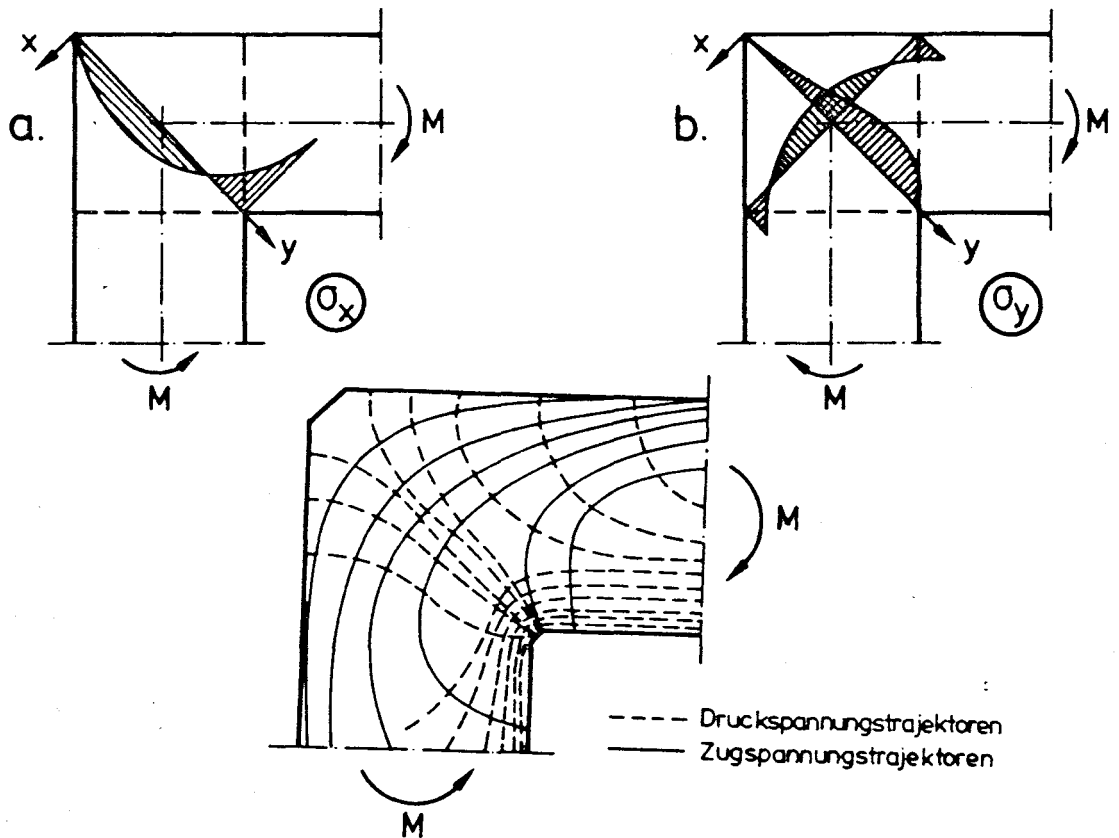


Bild 2.26: Spannungsverteilung in einer Rahmenecke mit negativer Momentenbeanspruchung im ungerissenen Zustand

Die Spannungsverteilung ist durch sehr hohe Betondruckspannungen an der inneren Rahmenecke gekennzeichnet. Der Übergang nach Zustand II führt in Verbindung mit der Bildung eines Diagonalrisses zu einer Einschnürung der Biegedruckzone (siehe Bild 2.27). Auch hier wurden die bisherigen Versuche überwiegend mit der Zielsetzung durchgeführt, eine Bewehrungsform im Knotenbereich herauszufinden, die einen möglichst hohen Wirkungsgrad gewährleistet.

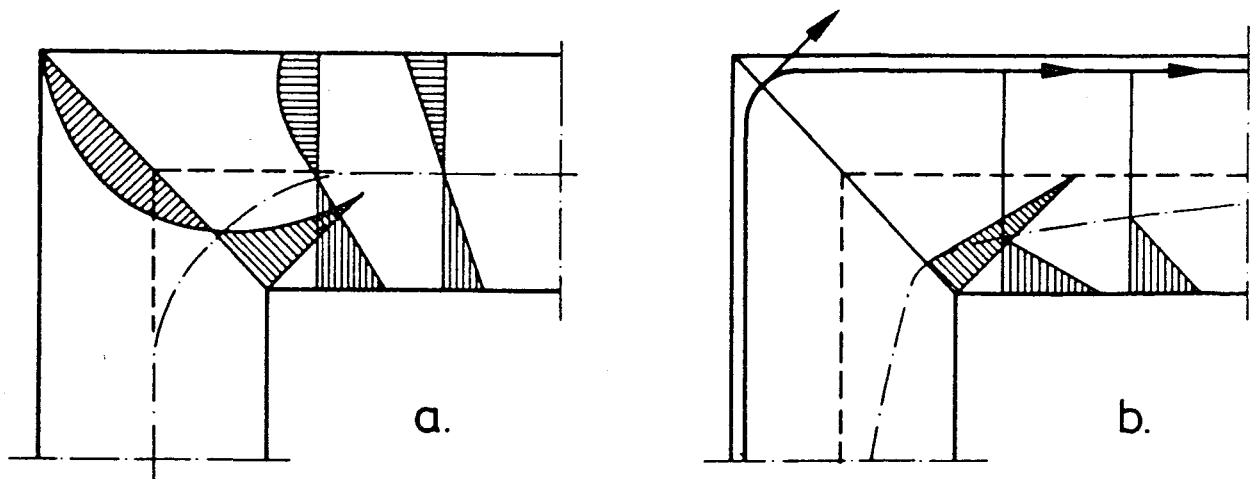


Bild 2.27: Veränderung der Nulllinienlage durch die Rißbildung

Ausgewertet wurden insgesamt 84 Versuche von Kordina/Wiedemann /7/, Stroband/Kolpa /25/, Swann /17/, Balint/Taylor /13/, Mayfield/Kong /18 + 24/, Oestlund /26/ und Walther/Dieterle /16/.

Um die Versuchsergebnisse miteinander vergleichen zu können, wurde auch hier eine Normierung der Ergebnisse und der Einflußparameter einschließlich derjenigen der Bewehrungsführung durchgeführt (siehe Bild 2.28).

	1	2	3	4	5	6	7	8
K								
L								
M								
N								

Bild 2.28: Normierung der Bewehrungsführung bei Rahmenecken mit negativer Momentenbeanspruchung

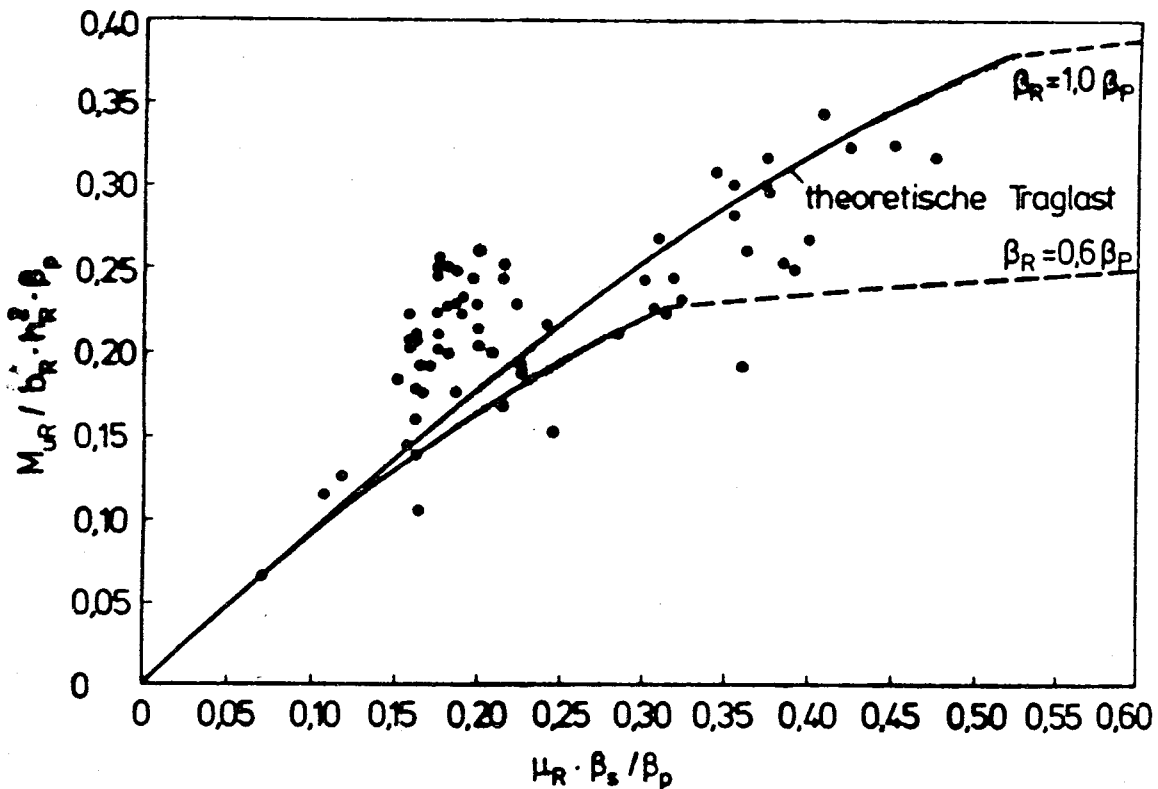


Bild 2.29: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei Rahmenecken mit negativem Moment

In Bild 2.29 ist die bezogene Traglast dieser Versuche in Abhängigkeit vom mechanischen Bewehrungsgrad dargestellt. Außerdem sind in dem Bild die theoretischen Traglastlinien eines durch reine Biegung beanspruchten Querschnitts ohne Druckbewehrung eingetragen. Auch hier zeigt sich bei hohen mechanischen Bewehrungsgraden eine Verminderung der Tragfähigkeit. Wie die Versuche von Stroband/Kolpa /25/ zeigen kann allerdings durch die Anordnung von horizontalen Steckbügeln die Tragfähigkeit gesteigert werden.

Negative Rahmenecken kommen häufig bei statisch unbestimmten Tragwerken zur Anwendung. Zur Bestimmung der Schnittgrößenverteilung ist daher eine Kenntnis der Steifigkeit und der Knotenverformung von großer Bedeutung. Vielfach lag bei den experimentellen Untersuchungen die Ermittlung der Tragfähigkeit im Mittelpunkt des Interesses. Die Bestimmung der Verformungen erfolgte vielfach überhaupt nicht oder nur lückenhaft.

Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen von Stroband/Kolpa /25/ deren Versuchsergebnisse nachfolgend dargestellt werden.

Wie bei den Untersuchungen an Rahmenecken mit öffnendem Moment wurde auch hier eine Verletzung der Winkeltreue im Eckbereich festgestellt. In Bild 2.30 sind die Mittelwerte der gemessenen Winkeländerung bei einem theoretischen Gebrauchsmoment von $M = 1,54 \text{ Nm}$ dargestellt.

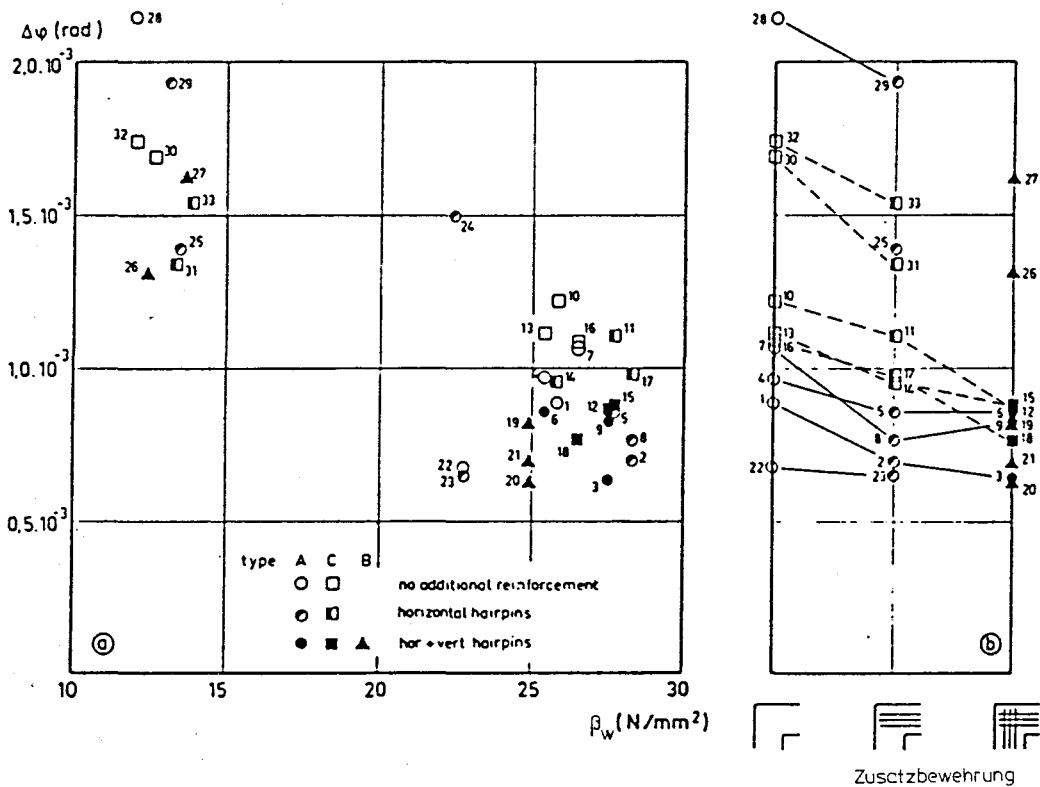


Bild 2.30: Gemessene Winkeländerungen der Versuche von Stroband/Kolpa bei einem Gebrauchsmoment von 1,5 kNm, - positives Moment

Teil a des Bildes 2.30 zeigt den bedeutenden Einfluß der Betongüte auf die Knotensteifigkeit auf. Bei Rahmen mit niedriger Betongüte sind die Winkeländerungen 1,5 bis 3 mal so groß wie bei solchen mit höherer Betongüte. Hierbei ist zu beachten, daß der Einfluß der Betongüte auf die Momentenkrümmung in Feldmitte des Versuchsrahmens bei einem Gebrauchsmoment von 1,5 kNm nur 10 % betrug.

Teil b des Bildes 2.30 zeigt den Effekt der zusätzlichen Rahmeneckbewehrung auf die Knotensteifigkeit auf. Die verhältnismäßig geringe Erhöhung der Steifigkeit durch die Zusatzbewehrung muß durch eine große Menge an Bewehrung erkauft werden.

Der Einfluß der Bewehrungsführung der Hauptbewehrung auf die Winkeländerung ist abhängig von der Betongüte. Bei niedriger Betongüte ist die Steifigkeit der Rahmenecke mit schlaufenförmiger Bewehrungsführung $K = 4$ größer als bei solchen mit $K = 1 - 3$, bei höheren Betongüten drehen sich die Verhältnisse um.

Da die Versuchsbalken von Stroband/Kolpa verhältnismäßig schwach bewehrt waren, erreichte die Hauptzugbewehrung zuerst in Feldmitte das Fließmoment, bevor die Bewehrung im Rahmeneckbereich zum Fließen kam. Durch diesen Tatbestand ist es möglich, die Rotationsfähigkeit der Rahmenecken aus dem Last-Durchbiegungs-Diagramm abzuleiten. Nach Erreichen des Fließmoments in Feldmitte bleibt das Feldmoment nahezu konstant. Die Last kann dann noch weiter erhöht werden, bis das Bruchmoment der Rahmenecke erreicht ist. Der Verlauf des Last-Verformungsdiagramms nach Erreichen der Höchstlast gibt Aufschluß über die Verformungskapazität der Rahmenecke.

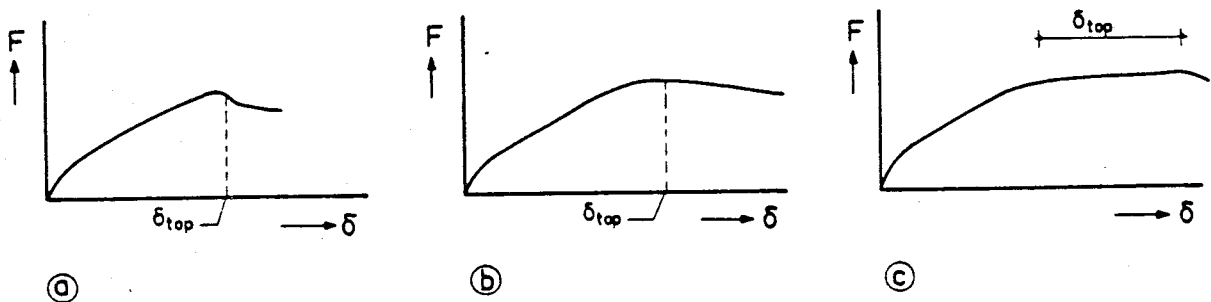


Bild 2.31: Schematisiertes Lastverformungsdiagramm

Das Lastverformungsdiagramm kann wie in Bild 2.31 dargestellt in 3 Fälle aufgeteilt werden, wenn eine merkliche Abnahme der Lastgröße nach Erreichen der Höchstlast vorhanden ist, zeigt dies ein sprödes Bruchverhalten und eine geringe Rotationsfähigkeit auf (Bild 2.31 a). Bei Rahmenecken mit großer Verformungskapazität bleibt die Höchstlast konstant, während die Durchbiegung zunimmt (Bild 2.31 c). Dies bedeutet, daß die Länge des horizontalen Astes des Diagramms ein Maß für die Rotationsfähigkeit des Knotens darstellt.

Bild 2.32 zeigt das Last-Verformungs-Diagramm von Prüfkörpern aus Beton mit hoher Betongüte und ohne Zusatzbewehrung. Hier war die Bruchart in der Ecke mehr oder minder spröde. Der Einfluß der Bewehrungsführung (K) auf das Rotationsvermögen ist vernachlässigbar klein. Allerdings ist ein gewisser Einfluß des Biegeradius der Hauptbewehrung auf das Verformungsvermögen erkennbar.

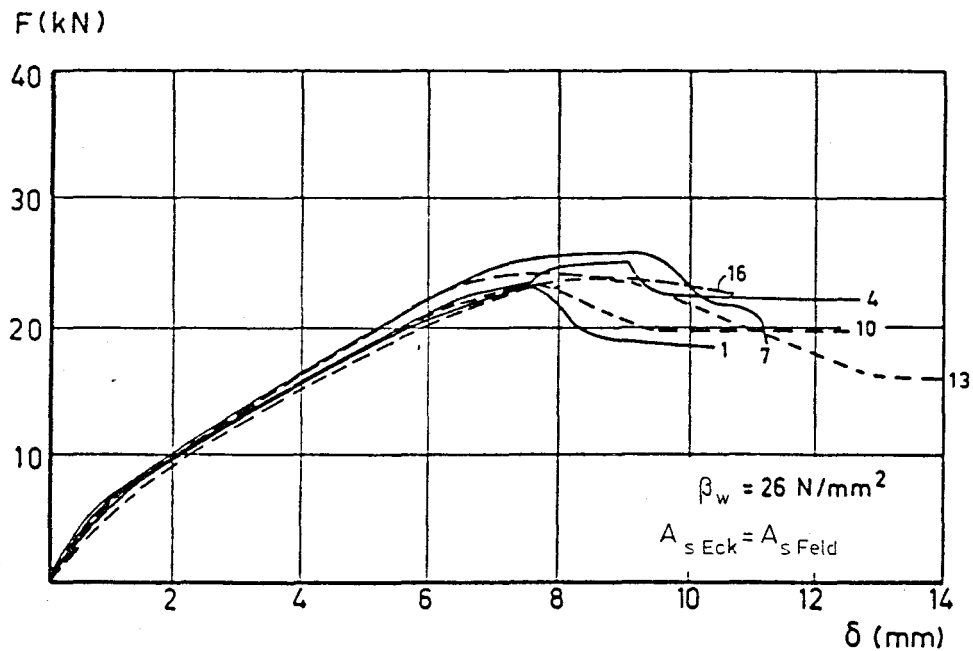


Bild 2.32: Last-Verformungsdiagramm von Rahmenecken ohne Zusatzbewehrung

Die Rahmenecken mit einem Biegeradius von $r = 45 \text{ mm}$ (Prüfkörper 7 + 16) zeigen ein etwas besseres Verformungsvermögen als solche mit einem kleinen Radius $r = 15 \text{ mm}$ (Prüfkörper 1 + 10). Das Rotationsvermögen kann jedoch durch die Einlage von Zusatzbewehrung verbessert werden (siehe Bild 2.33).

Im Bild 2.33 sind die Last-Verformungsdiagramme von Rahmenecken mit Zusatzbewehrung eingetragen, bei denen der Biegeradius der Hauptbewehrung unterschiedlich die sonstigen Einflußparameter jedoch ähnlich sind. Die Prüfkörper mit horizontaler Zusatzbewehrung zeigen eine Lastverformungsbeziehung die dem Fall b in Bild 2.31 entspricht. Diese Rahmenecken zeigen zwar kein sprödes Bruchverhalten, ihre Rotationsfähigkeit ist jedoch gering. Durch die Anordnung zusätzlich vertikaler Steckbügel kann man jedoch ein plastisches Verhalten erzeugen. Nach Erreichen der Maximallast bildet sich ein plastisches Gelenk durch das eine Zunahme der Verformung um 6 - 11 mm bis zur Erreichung der Lastkapazität möglich ist. Aus dem Bild 2.33 wird auch deutlich, daß bei Rahmenecken mit niedriger Betongüte ein nicht so gutes Rotationsvermögen vorhanden ist, wie bei den gleichen Balken mit höherer Betongüte.

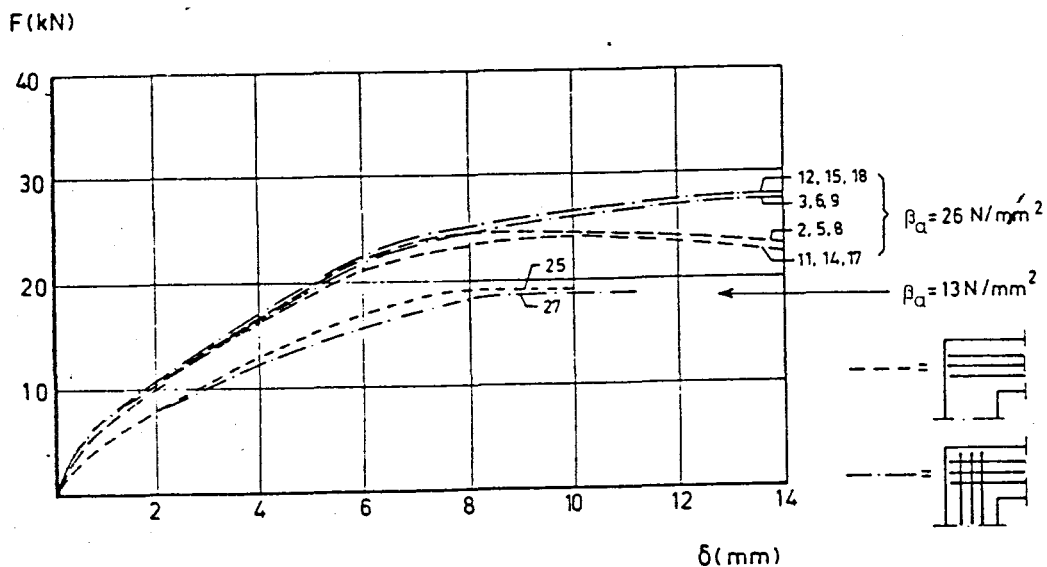


Bild 2.33: Last-Verformungsdiagramm von Rahmenecken mit Zusatzbewehrung

2.3 Rahmenknoten

2.3.1 Ebene Rahmenendknoten

Auch bei Rahmenendknoten kann man die technische Biegelehre nicht mehr anwenden. Die Dehnungsverteilung im Knotenanschlußbereich ist nicht mehr gradlinig, sondern gekrümmt.

Die Spannungstrajektorien im Knotenbereich zeigen schon im Zustand I einen turbulenten Verlauf, der sich deutlich von demjenigen der übrigen Bereiche unterscheidet (siehe Bild 2.34).

Beim Übergang vom Zustand I in den Zustand II entsteht zunächst ein Kernriß in der positiven Ecke. Dies bedeutet, daß die nunmehr nicht mehr vom Beton aufnehmbaren Zugkräfte überwiegend von der Bewehrung aufgenommen werden. Bei höheren Beanspruchungen kommt es zu einem oder mehreren Diagonalrissen im Knotenbereich (siehe Bild 2.34). Bedingt durch die Einleitung des Riegelmomentes in den Riegelknoten kommt es zu einem Sprung im Momentenverlauf der Stütze. Sofern auf das statische System keine weiteren Kräfte einwirken wechselt das Stützenmoment das Vorzeichen zwischen den Ausschnitten Ober- und Unterkante des Riegels, wodurch u. U. erhebliche Stahlspannungsänderungen in der durchlaufenden Stützenlängsbewehrung auftreten.

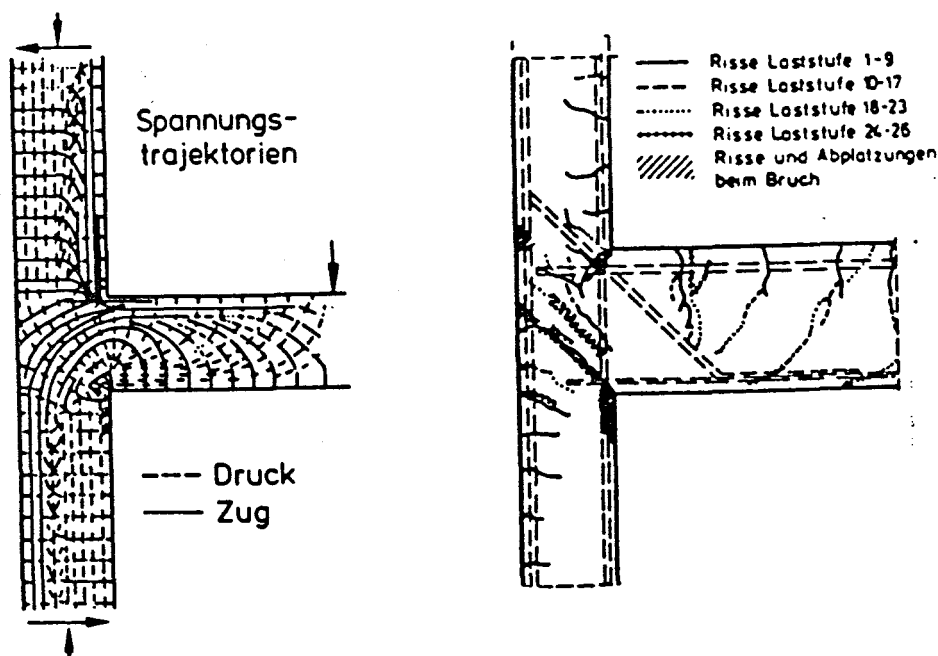


Bild 2.34: Spannungstrajektorien und Rißbild eines Rahmenendknotens

Im ungünstigen Fall kann die Bewehrung im oberen Anschnitt mit der zulässigen Stahlzugspannung und im unteren Anschnitt mit der zulässigen Stahldruckspannung beansprucht werden. Die hierzu erforderlichen Differenzkräfte müssen über Verbundspannungen in einem sehr kurzen Bereich (Bauhöhe des Riegels) in die Stützenlängsbewehrung eingeleitet werden. Ferner ist durch eine geeignete Bewehrungsführung sicherzustellen, daß die Riegelzugkräfte in den Knoten eingeleitet und in die angrenzenden Stützenabschnitte fortgeleitet werden können. Der sich im Zustand II einstellende Kräfteverlauf sowie die übliche Bewehrungsform der Rahmenendknoten sind in Bild 2.35 dargestellt.

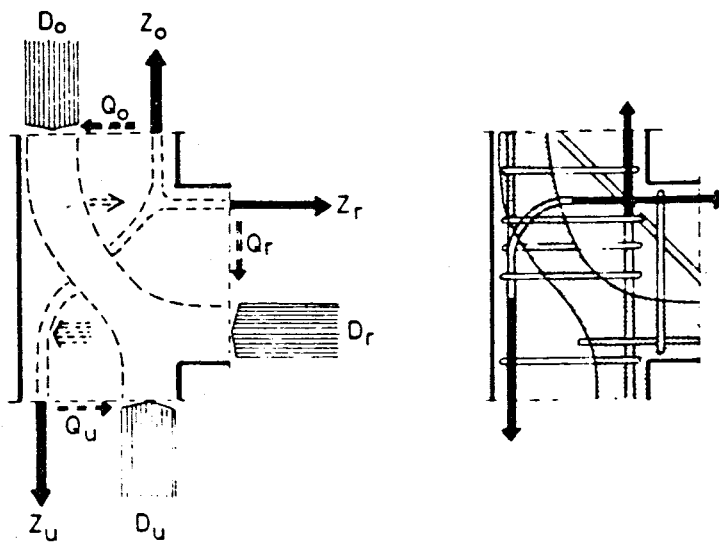


Bild 2.35: Idealisierter Kräfteverlauf sowie übliche Bewehrungsführung eines Rahmenendknotens

Die bisherigen experimentellen Untersuchungen wurden überwiegend mit der Zielsetzung durchgeführt, eine optimale Bewehrungsform herauszufinden. Diese Optimalität besteht darin, den Knoten so zu bewehren, daß seine Tragfähigkeit größer als diejenige der anschließenden Rahmen bzw. Stielabschnitte ist. Mit der Zielsetzung die Knotentragfähigkeit zu berechnen bzw. auch Aussagen über die Duktilität von Rahmenknoten zu treffen sind nachfolgend alle verfügbaren Versuche ausgewertet worden.

Der Auswertung zugrundegelegt wurden die experimentellen Untersuchungen von Taylor /32/, Nilsson /4/, Kordina /6/ + /8/, Bosshard/Menn /29/, Stroband/Hoekstra, /30/ + /31/, Sarsam/Phipps /27,28/, Jirsa/Marques /33/ sowie Gheorgoussis/Phipps /34/.

Um die Versuchsergebnisse miteinander vergleichen zu können, wurde auch hier eine Normierung der Ergebnisse und der Einflußparameter einschließlich derjenigen der Bewehrungsführung durchgeführt (siehe Bild 2.36).

	1	2	3	4	5	6	7
K							
L							
M							
N							

2007-01

Bild 2.36: Normierung der Bewehrungsführung

In Bild 2.37 sind die Ergebnisse aller Versuche dargestellt. Hier ist in normierter Form das bezogene Riegelanschnittsmoment in Abhängigkeit vom mechanischen Bewehrungsgrad des Riegels dargestellt. Das Riegelanschnittsmoment wurde deshalb gewählt, weil Querschnittsanalysen zeigen, daß in der Mehrzahl der Fälle die Riegeltragfähigkeit die theoretische Traglast bestimmt. Außerdem ist in dem Bild die theoretische Traglastlinie eines durch reine Biegung beanspruchten Querschnitts ohne Druckbewehrung eingetragen. Der strichlierte Teil dieser Kurve bedeutet, daß hier ein Versagen der Betondruckzone vorliegt. Obwohl Versuche mit sehr unterschiedlicher Bewehrungsführung im Knotenbereich zusammengefaßt werden, ist doch eine Tendenz erkennbar.

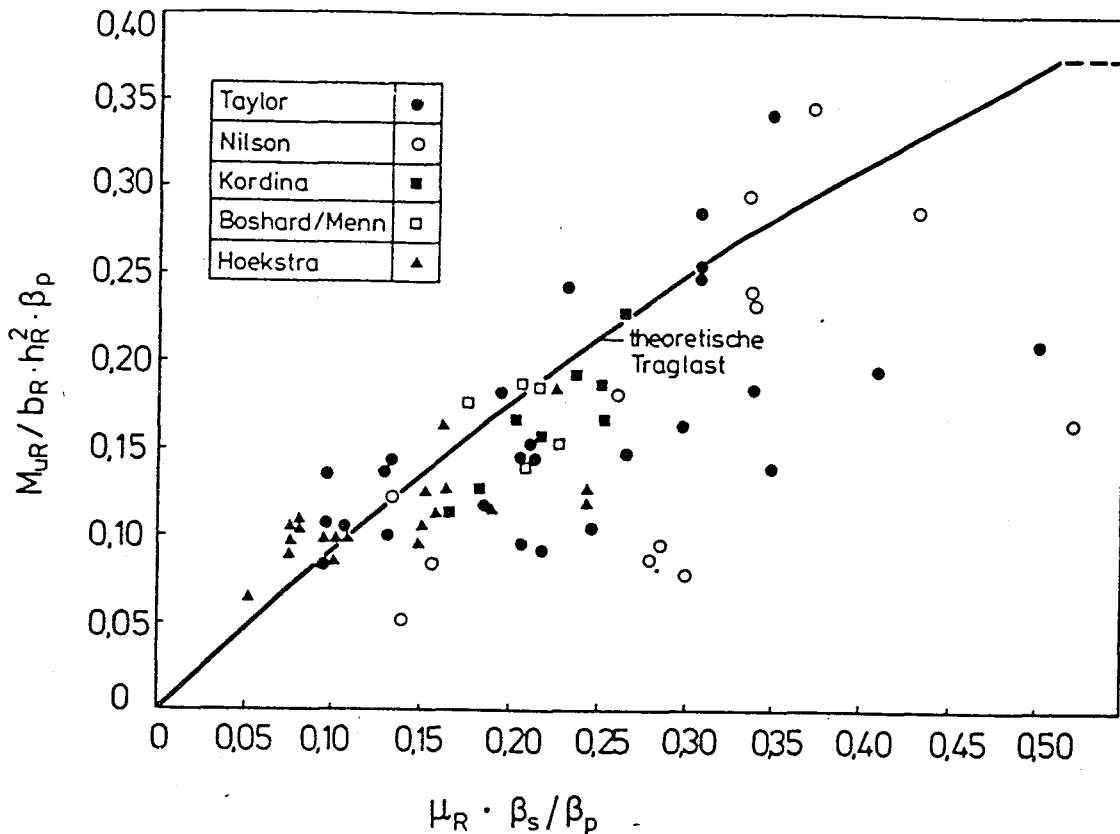


Bild 2.37: Abhängigkeit der Bruchlast vom Riegelbewehrungsgrad bei ebenen Rahmenknoten

Nur bis zu einem gewissen mechanischen Bewehrungsgradbereich entspricht die Traglast der nach der technischen Biegelehre vorausgesagten. Bei höheren mechanischen Bewehrungsgraden ist trotz Verdoppelung des Bewehrungsgehaltes - von einigen Ausnahmen abgesehen - keine wesentliche Steigerung der Tragfähigkeit zu erwarten.

Ursache dieses vorzeitigen Versagens ist wahrscheinlich ein Verbundversagen der Stützenlängsbewehrung oder eine Druckstrebenzerstörung im Knotenbereich.

Die in den Bewehrungshandbüchern empfohlene Schrägaufbiegung in der positiven Ecke bewirkt vor allem eine Steigerung der Gebrauchs- und Tragfähigkeit in den Fällen bei denen der Bruch durch ein Fließen der Riegelbewehrung eingeleitet wird. Die Lastabtragung im Knotenbereich, vor allem hinsichtlich der Aufnahme der Riegelquerkraft erfolgt bei Rahmen mit Schrägaufbiegung unterschiedlich gegenüber denjenigen ohne solche Zusatzbewehrung. Allerdings ist die Schubbeanspruchung im Knotenbereich und damit auch die Traglast unabhängig von der Riegelbewehrungsführung. Dieser Sachverhalt wird auch durch die experimentellen Untersuchungen bestätigt.

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse, der experimentellen Untersuchungen vor allem im Hinblick auf das zu erarbeitende Bemessungsmodell dargestellt und erläutert. Hierbei wird im wesentlichen auf das Heft 354 des DAfStb zurückgegriffen. Ein wesentliches Ergebnis der experimentellen Untersuchungen ist die Tatsache, daß der Bruch fast ausschließlich im Stützenanschnittsbereich eingeleitet wurde, obwohl bei den meisten Versuchskörpern die rechnerischen Schnittgrößen im Riegelanschnitt für das Versagen maßgebend waren. Zur Erklärung dieses Umstandes ist eine Darstellung des Beanspruchungsverlaufes eines Rahmenknotens bzw. der Stützen angezeigt (Bild 2.38).

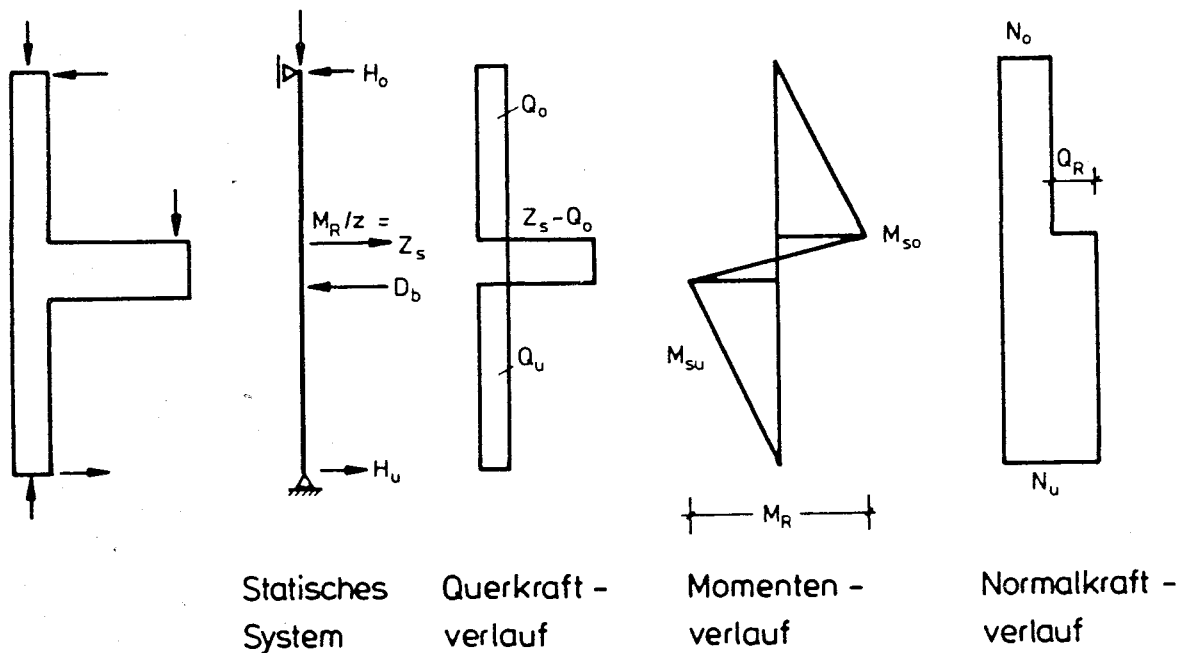


Bild 2.38: Beanspruchungsverlauf der Stützen im Rahmenendknotenbereich

Aus Bild 2.38 wird deutlich, daß der Rahmenknotenbereich einer hohen Querkraftbeanspruchung unterworfen wird. Hierbei wird die Analogie zum Tragverhalten eines durch auflagernahe Einzellasten beanspruchten Trägers deutlich, vor allem dann, wenn man sich das Rißbild im Versagenszustand betrachtet (siehe Bild 2.39). Es wird deutlich daß die Biegedruckkraft wie eine auflagernahe Einzellast und die Riegelzugbewehrung wie ein indirektes Auflager wirkt. Wichtig ist die Tatsache, daß vor allem die konstruktive Ausbildung des indirekten Auflagers die Knotentragfähigkeit erheblich beeinflusst.

Entsprechend zeigen die Versuche mit einer Plattenverankerung der Riegelbewehrung am äußeren Stützenrand eine verhältnismäßig große Knotentragfähigkeit vor allem deshalb, weil ein ideales Lager zur Aufnahme der Druckstrebe erzeugt wird.

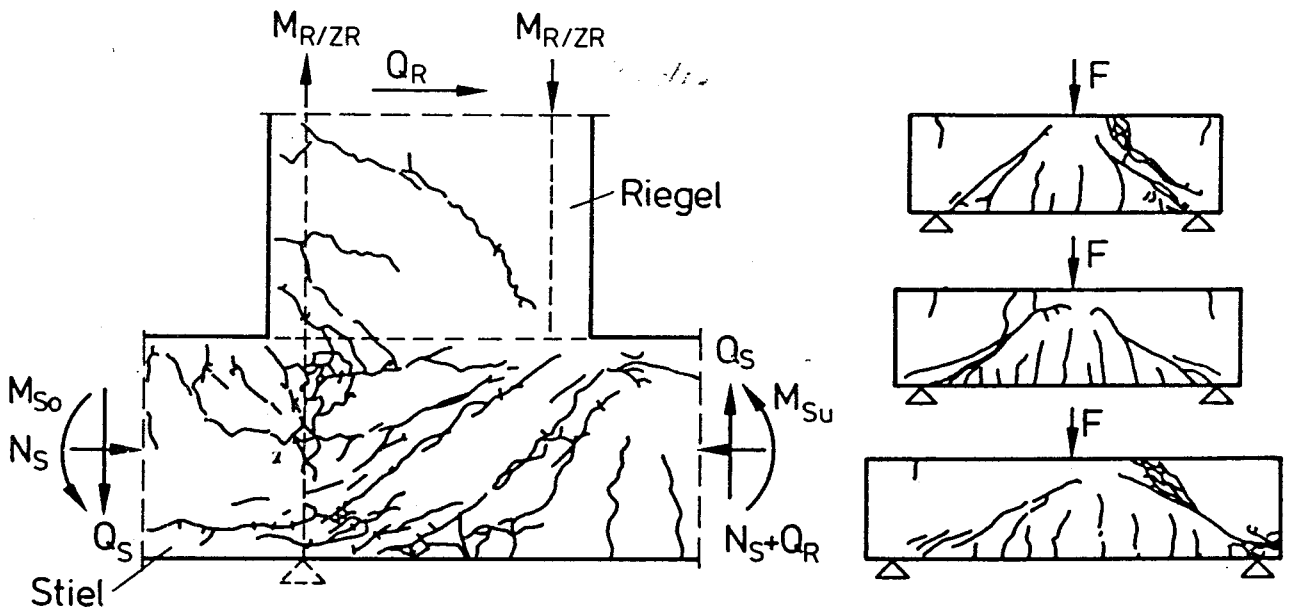


Bild 2.39: Analogie zwischen dem Rißverhalten eines Rahmenendknotens und eines durch auflagernahe Einzellasten beanspruchten Balkens

Da diese Lösung jedoch sehr praxisfremd erscheint, sind durch entsprechende Verbügelungen im oberen Stützenanschnitt annähernd gleichwertige Lösungen zu schaffen. Entsprechend wird auch in Heft 373 des DAfStb eine enge Verbügelung in diesem Bereich gefordert. Zusätzlich übt die Verankerungsart der Riegelbewehrung in der Stütze einen großen Einfluß auf die Tragfähigkeit aus. Wird die Riegelzugbewehrung in die obere Stütze geführt, findet die Knotendruckstrebe kein Auflager und der Bruch tritt unmittelbar nach Diagonalrißbildung ein. Ein Bruchbild einer derart ausgebildeten Stütze ist in Bild 2.40 dargestellt.

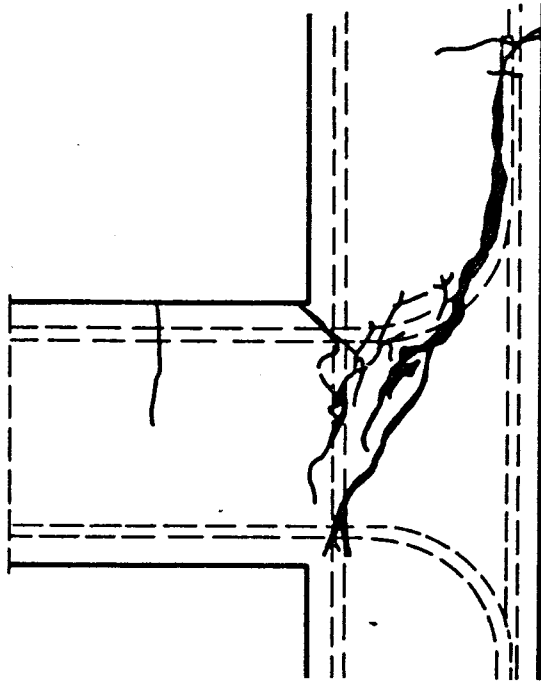


Bild 2.40: Bruchbild eines Rahmenknotens mit Verankerung der Riegelzugbewehrung in der oberen Stütze

Wird dagegen die Riegelbewehrung in die untere Stütze geführt, sind die Tragverhältnisse wesentlich besser. Eine Schrägbewehrung im Rahmenknotenbereich erfüllt vornehmlich zwei Funktionen. Zum einen entlastet sie die Riegelzugbewehrung und zum anderen sorgt sie für eine Rißbreitenbeschränkung des Kehlrißes. Bei den Versuchen ohne Schrägbewehrung klangte der Kehlriß schon unter rechnerischer Gebrauchslast weit über die zulässig angesehene Rißbreite von 0,3 mm auf. Der Verlauf der Stahldehnungen in der Stützenlängsbewehrung entspricht weitgehend dem Momentenverlauf (siehe Bild 2.41).

Bei einigen Versuchen fällt auf, daß die Stauchung der außen liegenden Längsbewehrungsstäbe der Stützen schon vor dem Knotenabschnitt abfällt, während die Dehnung bis zum Anschnitt zunimmt. Auf der Druckseite entzieht sich also die Bewehrung schon vorzeitig der vollen rechnerischen Mitwirkung. Die Folge ist ein überproportioniertes Anwachsen der Betonstauchung. Bei Versuchen mit zusätzlicher Verbügelung des Knotenbereiches nimmt die Stauchung dagegen bis zum Anschnitt zu. Die innenliegenden Längsbewehrungsstäbe der Stützen zeigen ebenfalls deutlich die Tendenz, sich bei steigender Belastung im unteren Knotenanschnitt (Druckseite) mehr und mehr der Mitwirkung zu entziehen; die Stahlstauchungen nehmen schon vor dem Knotenanschnitt ab, während die Betonstauchungen wieder überproportional anwachsen.

VERSUCH RE 2

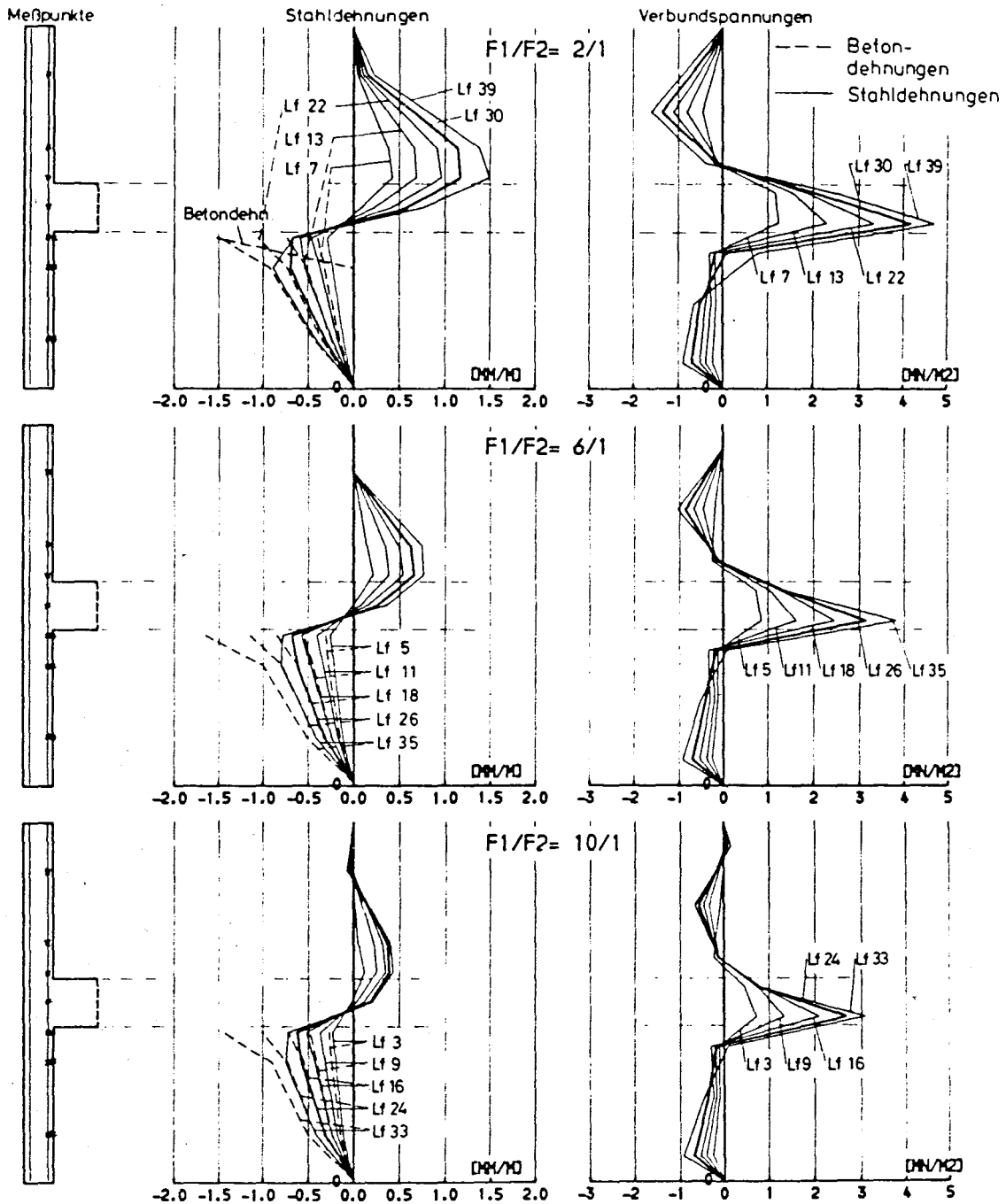


Bild 2.41: Stützenstahldehnungsverlauf

Der Verlauf der Verbundspannungen in der durchlaufenden Stützenbewehrung entspricht theoretisch dem Querkraftverlauf und müßte somit bereichsweise konstant verlaufen. Die Meßergebnisse entsprechen jedoch nicht dieser Annahme: Bezogen auf die jeweilige Druckbewehrung (oberer Stützenabschnitt: außenliegende Bewehrung; unterer Stützenabschnitt: innenliegende Bewehrung) ändert die Verbundspannung schon von dem Knotenanschnitt das Vorzeichen wodurch ein Schlupf der jeweiligen Druckbewehrungen in diesem Bereich meßtechnisch nachgewiesen wird. Die Verbundspannung verläuft im Knoten nicht konstant, vielmehr wird der Maximalwert jeweils auf jener Seite des Knotenanschnittes erreicht, der in der Druckzone liegt, wobei am innenliegenden Längsbewehrungsstab größere Absolutwerte der Verbundspannungen auftraten, da hier der Querdruck aus der Biegedruckkraft des Riegels die Verbundfestigkeit erhöht. DIN 1045 erlaubt nach Tabelle 19 für B25, BSt 420/500 und Verbundbereich I unter Gebrauchslast zu $\tau = 1,8 \text{ MN/m}^2$. Im Versuch wurde dagegen unter Gebrauchslast rund $5,0 \text{ MN/m}^2$ für den innenliegenden Bewehrungsstab und $3,0 \text{ MN/m}^2$ für den außenliegenden Stab ermittelt.

2.3.2 Räumliche Rahmenendknoten

Bei räumlichen Rahmenendknoten wird die Spannungsaufnahme in ähnliche Weise wie bei den ebenen Rahmenendknoten erfolgen. Hier kann aber im Gegensatz dazu im gesamten Rahmenknotenbereich die mehrachsiale Druckfestigkeit in Ansatz gebracht werden.

Es sind insgesamt nur drei Untersuchungen von Gheorgoussis/Phipps /34/ durchgeführt worden, deren Ergebnis in Bild 2.42 dargestellt ist.

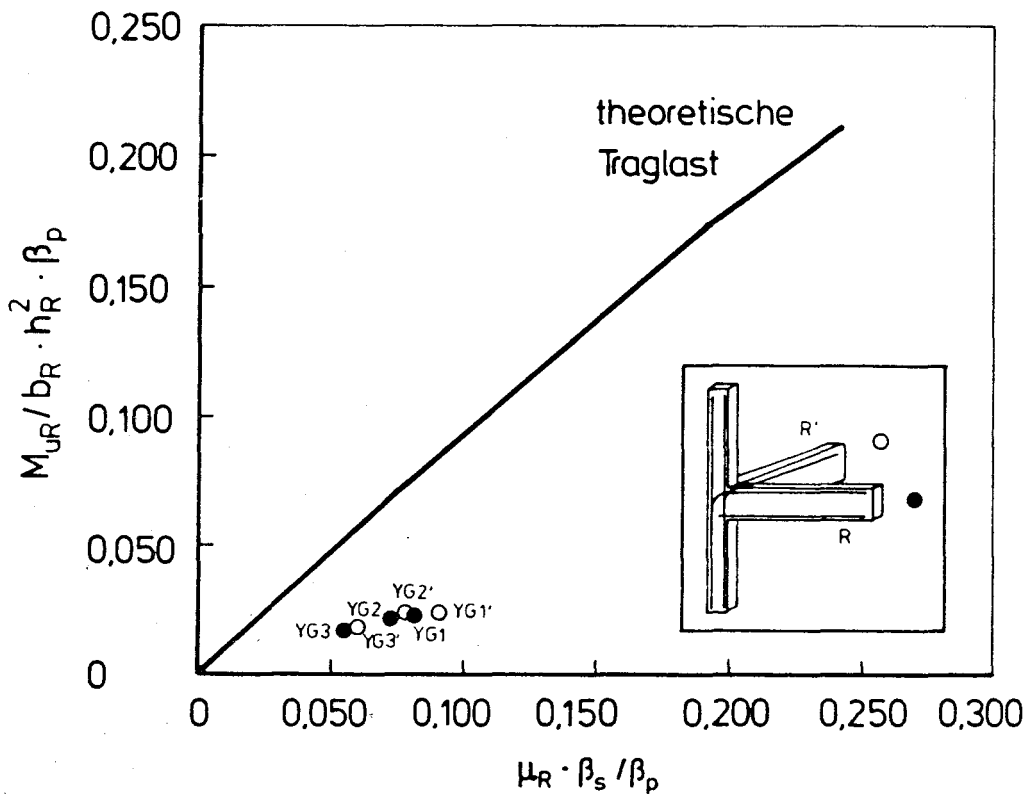


Bild 2.42: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei den räumlichen Rahmenendknoten von Gheorgoussis/Phipps.

2.3.3 Ebene Rahmeninnenknoten

Auch bei Rahmeninnenknoten ist die Beanspruchung bzw. der Ausnutzungsgrad nicht so hoch, da hier die zweiachsiale Festigkeit in Ansatz gebracht werden kann. Da zudem in den meisten Fällen die Belastung links und rechts vom Knoten nicht allzu unterschiedlich ist, bleiben die in die Stiele überzuleitenden Momente aus Eigengewicht und Nutzlast klein. Dies gilt jedoch nicht für Windlast- und Verformungsmomente. Deshalb wird dieser Lastfall auch von Stroband/Leguijt /36/ untersucht. Insgesamt sind 16 Versuchskörper, deren Ergebnisse in Bild 2.44 dargestellt sind, einer derartigen Beanspruchung unterzogen worden.

Nach Überschreiten der Zugfestigkeit des Betons wird sich im Knotenbereich ein Diagonalriß ausbilden und parallel dazu eine Druckstrebe, wie dies in Bild 2.43 dargestellt ist.

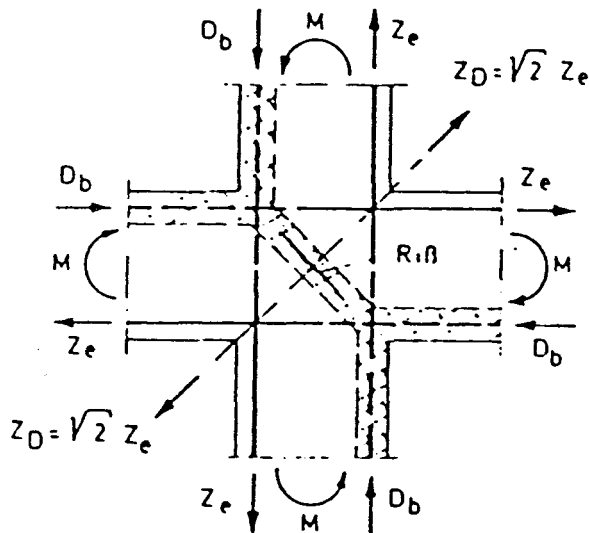


Bild 2.43: Idealisierter Kräfteverlauf bei ebenen Rahmeninnenknoten im gerissenen Zustand

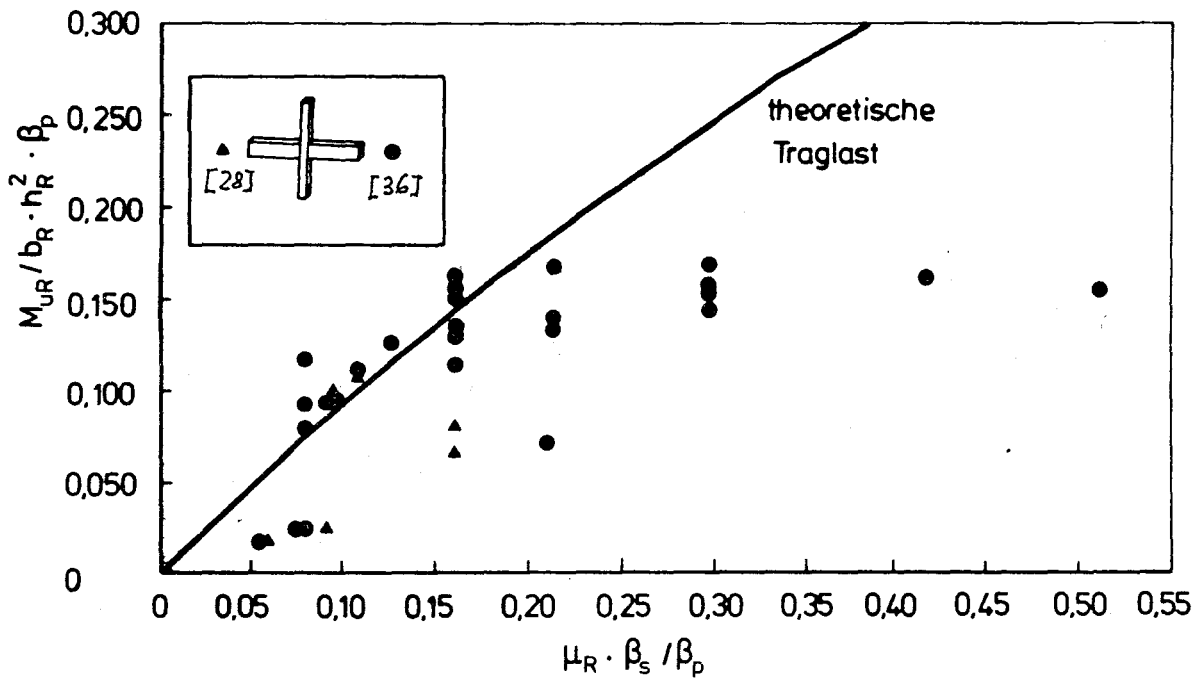


Bild 2.44: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei ebenen Rahmeninnenknoten [28, 34, 36]

2.3.4 Räumliche Rahmeninnenknoten

Bei der Beurteilung des Tragverhaltens von räumlichen Rahmeninnenknoten kann auf dasjenige von Rahmeninnenknoten sowie auf dasjenige räumlicher Rahmenendknoten zurückgegriffen werden.

Es sind insgesamt 10 Untersuchungen von Phipps/Gheorgoussis /34/ an räumlichen Rahmeninnenknoten durchgeführt worden, deren Ergebnisse in Bild 2.41 dargestellt sind.

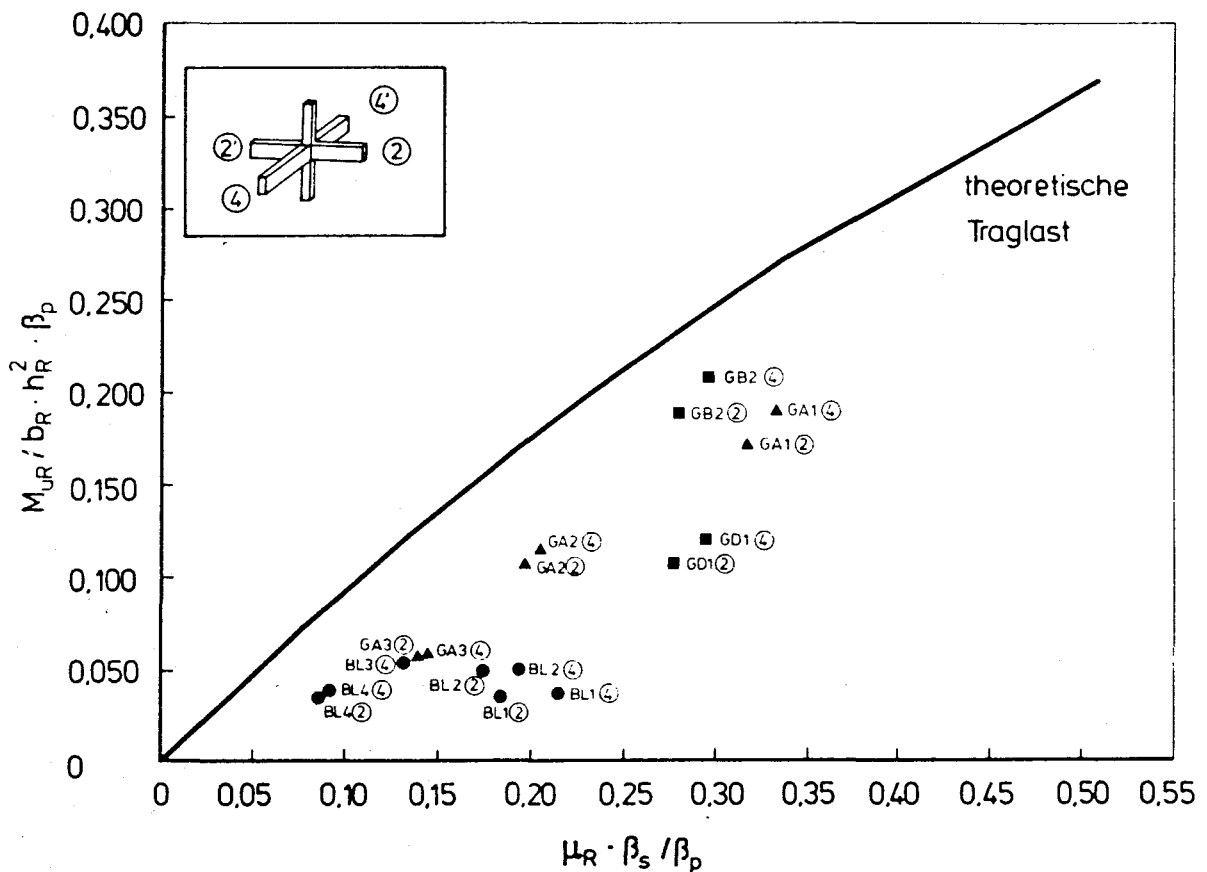


Bild 2.45: Abhängigkeit der Bruchlast vom Bewehrungsgrad bei räumlichen Rahmeninnenknoten

3 Untersuchungen nach der Methode der Finiten Elemente

3.1 Allgemeines

In den letzten Jahren wurde in zunehmendem Maße auch die Methode der Finiten Elemente zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens von Betonbauteilen herangezogen. Bei dieser Berechnungsmethode wird der Stahlbeton- bzw. Spannbetonbalken in einzelne Elemente unterteilt, wobei meist für den Beton und die Bewehrung unterschiedliche Elementtypen verwendet werden. Die Verbindung zwischen Beton- und Bewehrungselementen erfolgt entweder durch eine starre Kopplung der Knotenpunkte oder über sog. "Federelemente" bzw. "Kontaktelemente", die das Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrung simulieren.

Das zentrale Problem bei der Anwendung der FE-Methode zur Ermittlung des Trag- und Verformungsverhaltens von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen ist die Erfassung des gerissenen Zustandes. Die anfänglich entwickelten FE-Programme, die mit linear elastischen isotropen Werkstoffgesetzen arbeiten, bieten nur die Möglichkeit, Rißbildungen durch Lösen der Verankerungen zwischen den Elementen nachzuvollziehen. Der Nachteil dieser Methode ist, daß Risse entweder nur entlang der vorgegebenen Elementgrenzen verlaufen können, oder entsprechend der Rißbildung zusätzliche Knoten und Elemente eingeführt werden müssen, was allerdings zu einem erhöhten Rechenaufwand führt. In neueren FE-Programmen werden die Risse meist, wie bei dem hier verwendeten FE-Programm ADINA /10,37/, "verschmiert" über die Elemente wiedergegeben, indem den Berechnungen nichtlineare anisotrope Materialgesetze zugrundegelegt werden.

Ziel der Berechnungen nach der FE-Methode war es, die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung zu überprüfen, indem gemessene und rechnerische Verformungen bzw. Spannungen gegenübergestellt werden.

3.2 Berechnungsgrundlagen

Zur Erfassung der Nichtlinearitäten wird bei ADINA die gesamte Berechnung in Lastschritten durchgeführt, wobei die Lastintensität durch die Vorgabe der Lastfunktion gewählt wird. Die Berechnung besteht somit aus einer Folge von Rechenschritten, indem die Steifigkeitsmatrix laststufenweise iterativ bestimmt wird.

Der Beton des Rahmenknotenbereiches wurde durch 2-D Elemente mit jeweils 4 Integrationspunkten und die Bewehrung durch Fachwerkstabelemente modelliert, die nur in Richtung der Stabachse eine Steifigkeit besitzen.

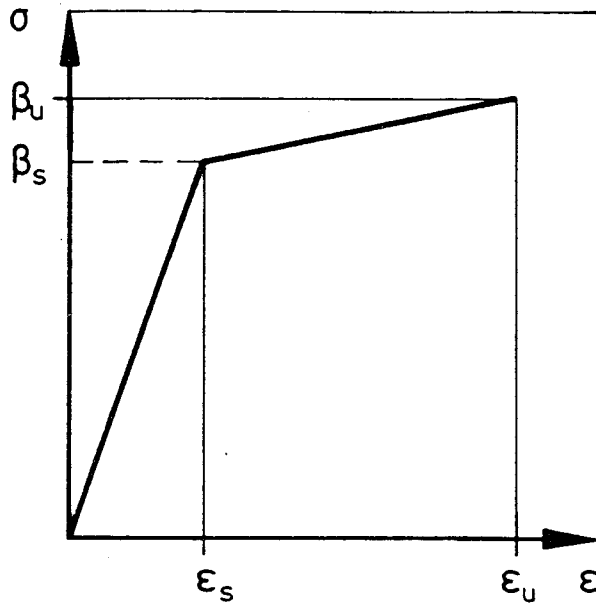


Bild 3.1: σ - ϵ -Linie für die Bewehrung

Für die Stabelemente, die zur Idealisierung der Bewehrung dienten, wurde ein bilineares Materialgesetz entsprechend Bild 3.1 verwendet. Die Anfangssteigung der Kurve entspricht dem Elastizitätsmodul E_s , der bei Stahl 210000 N/mm^2 beträgt. Jenseits der Fließgrenze β_s steigt die Spannung geradlinig von β_s mit ϵ_s auf β_u mit der Grenzdehnung ϵ_u an. Bei den Berechnungen wurden in der Regel in den gemeinsamen Knotenpunkten von Stahl- und Betonelementen starrer Verbund angenommen, d.h. an diesen Stellen war keine Relativverschiebung zwischen Beton und Bewehrung möglich. Für eine differenzierte Erfassung des Verbundverhaltens war auch eine Analyse mit Hilfe von Kontaktelementen in der von Keuser/TH Darmstadt /12/ entwickelten Version möglich. Sowohl die Version von Schmidt/Gönner /11/ als auch die Keuser'sche Version wurden dankenswerterweise von Prof.Mehlhorn, GH Kassel, zur Verfügung gestellt.

Bei dem Kontaktelement weisen die aneinander grenzenden Beton- und Bewehrungselemente in der Kontaktfläche jeweils eigene Knotenpunkte mit voneinander unabhängigen Verschiebungsfreiheitsgraden auf (Bild 3.2).

Das von Keuser in ADINA implementierte isoparametrische Kontaktelement dient zur Verbindung zweier ebener oder räumlicher Elemente entlang einer Kontaktkante bzw. Anschluß eines Stabelements an einen dieser beiden Elementtypen. Die jeweils gegenüberliegenden Knotenpunkte P_i und P_k besitzen im unverformten Zustand identische Koordinaten. Bei Verformung der Struktur treten Relativverschiebungen zwischen den Elementrändern a und b auf, und es werden Spannungen in der Kontaktlinie geweckt.

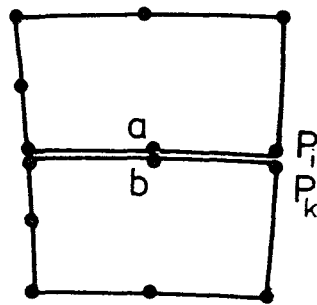


Bild 3.2: Isoparametrisches Kontaktelement

Zur Beschreibung der Materialeigenschaften des Beton unter einaxialen Druckbeanspruchung wurde entsprechend DIN 1045 eine parabelförmige σ - ϵ -Beziehung verwendet (Bild 3.3).

Die Festigkeit unter mehraxialer Beanspruchung wird nach /51/ angesetzt. Die programmtechnische Berücksichtigung ist in /11/ beschrieben. Unter mehraxialer Beanspruchung erfolgt eine Kopplung an die einaxiale Festigkeit. Steifigkeit und Festigkeit der drei Normalspannungskomponenten werden jeweils in Abhängigkeit der drei anderen Komponenten mit einem Erhöhungsfaktor versehen.

Das Materialgesetz für das Verhalten unter Zugbeanspruchung bzw. nach der Rißbildung sollte folgende Anforderungen erfüllen:

Während ein unbewehrter Betonkörper nach der Rißbildung senkrecht zum Riß keine Zugbeanspruchung mehr aufnehmen kann (Steifigkeit gleich Null), hat ein Stahlbetonkörper, wie Versuche zeigen, nach Auftreten der Risse noch eine Gesamtsteifigkeit, die größer ist als die reine Stahlsteifigkeit (reiner Zustand II). Wird dieses Verhalten nach der Rißbildung, das als "Tension Stiffening" bezeichnet wird, in einem Rechenmodell nicht erfaßt, nimmt die rechnerische Verformung beim Übergang in den gerissenen Zustand sprunghaft zu. Bei Versuchen ist zwar ebenfalls eine deutliche Zunahme der Verformungen bei der Rißbildung festzustellen, jedoch erfolgt der Übergang aufgrund der zwischen den Rissen verbleibenden Betonzugspannungen kontinuierlich.

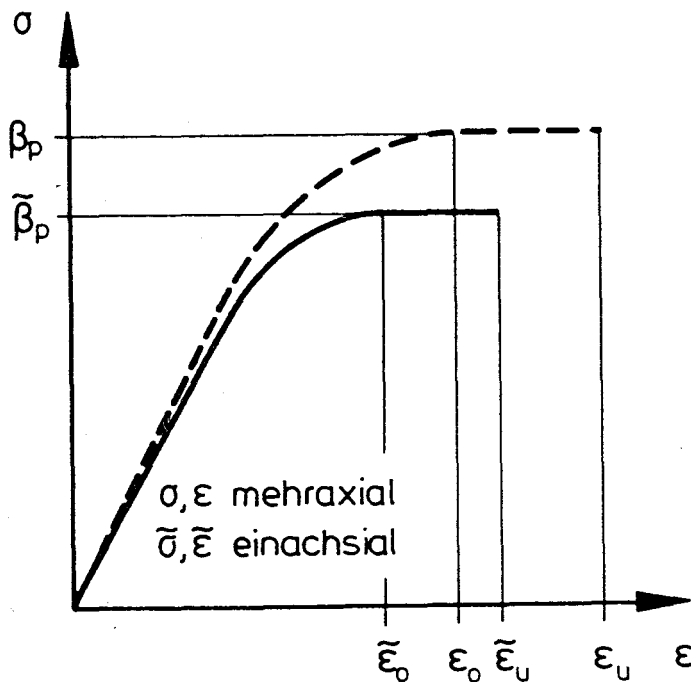


Bild 3.3: σ - ϵ -Linie für Beton

In der Original-Version des verwendeten FE-Programms ADINA wird das Materialverhalten von Stahlbeton unter Zugbeanspruchung nur unbefriedigend erfaßt, indem die Betonzugfestigkeit beim Überschreiten der Bruchdehnung ohne Berücksichtigung des "Tension Stiffening" auf eine konstante Rechenfestigkeit σ_u , die hier zu $0,01 \cdot \beta_z$ angesetzt wurde, reduziert wird (Bild 3.3). Da auch durch das in Darmstadt von Schmidt-Gönner /12/ für ADINA entwickelte Betonmodell der "abfallende Ast" der Spannungs-Dehnungs-Linie nicht zufriedenstellend wiedergegeben wird - die Treppenfunktion führt zu Konvergenzproblemen -, wurde die σ - ϵ -Beziehung nach Popovics /38/ im Programm neu implementiert.

$$\sigma(\epsilon) = \frac{\beta_Z}{\epsilon_Z} \cdot \frac{n \cdot \epsilon}{n-1+(\epsilon/\epsilon_Z)^n} \quad (3.1)$$

Hierin bedeuten:

β_Z = Zugfestigkeit des Betons

ϵ_Z = Dehnung bei Erreichen der Zugfestigkeit

ϵ = Dehnung in Rißrichtung

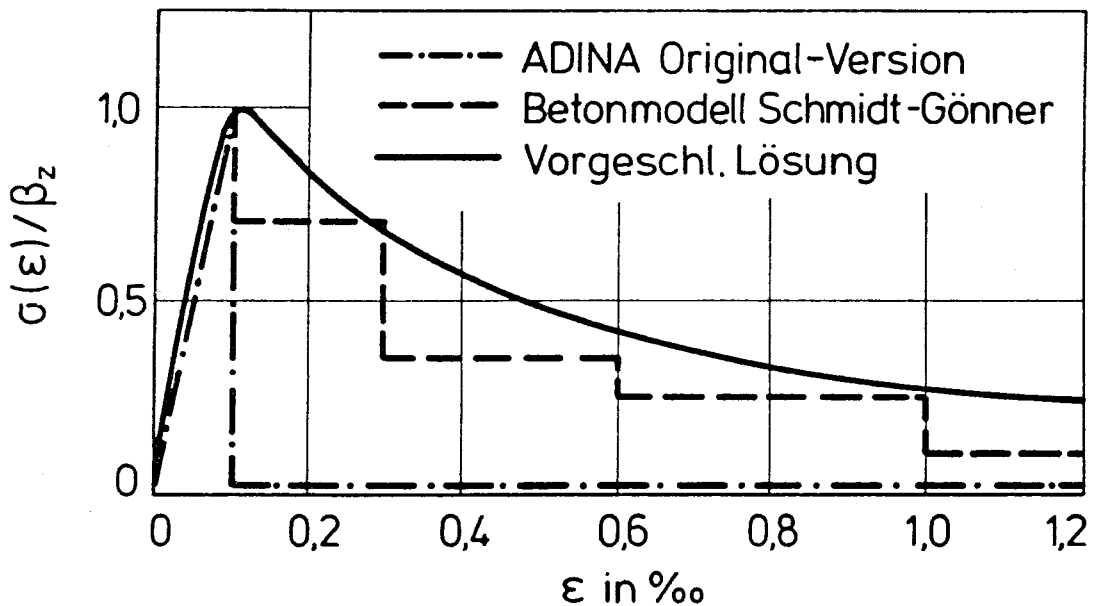


Bild 3.4: Spannungs-Dehnungslinie des Betons für den Zugbereich

Die gewählte Beziehung ist eine im gesamten Definitionsbereich hinreichend stetige Funktion, deren Form durch den Parameter n stark beeinflusst werden kann. In den Berechnungen dieser Untersuchungen wurde $n = 1,7$ angesetzt.

Neben dem Tension-Stiffening-Effekt ist für ein wirklichkeitnahes Betonmodell, zur Beschreibung des Schubtragverhaltens die Schubübertragung am Riß von besonderer Bedeutung. Wie zahlreiche Untersuchungen an Stahlbeton- bzw. Spannbetonbauteilen /30,40,41/ gezeigt haben, werden auch nach der Schubrißbildung über Kornverzahnung der Rißflächen (aggregate interlock) senkrecht und parallel zu den Rißufern Kräfte übertragen, die zu einer Steigerung der Schubtragfähigkeit führen. Die Querkraftabtragung über Rißverzahnung ist bei geringen Verschiebungen am größten, mit zunehmender Rißbreite und Parallelverschiebung der Rißufer verliert sie ihre Wirksamkeit /42/.

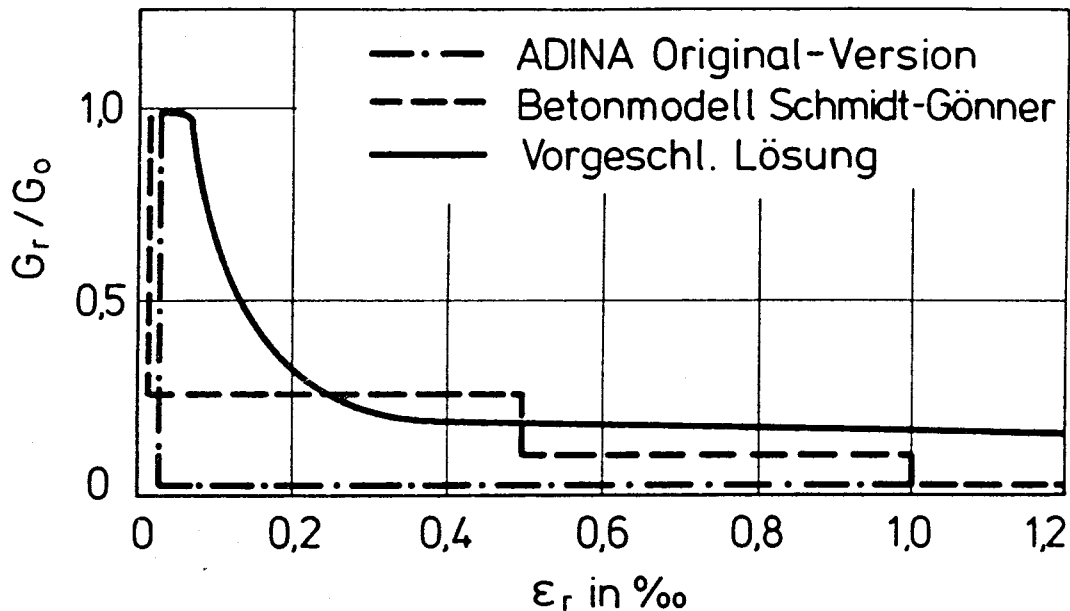


Bild 3.5: Abnahme der Schubsteifigkeit mit wachsender Belastungshöhe

Da im vorliegenden Fall eine diskrete Modellierung der Rißverzahnung nicht möglich ist, kann die Schubübertragung über Risse bei Vorraussetzung verschmierter Rißfelder im Element über den Ansatz des Schubmoduls erfaßt werden /43,44/. Hiernach wird der elastische Schubmodul (G_0) nach der Schubrißbildung in Abhängigkeit von der Verformung ϵ_r senkrecht zum Riß abgemindert, wobei ϵ_r die auf den Rißabstand bezogenen Rißbreite dargestellt. Während in der Original-Version von ADINA der Schubmodul nach der Schubrißbildung um einen konstanten Faktor reduziert wird, beschreibt das Betonmodell nach /12/ die Verminderung der Schubsteifigkeit durch eine Treppenfunktion (Bild 3.4), die aufgrund ihres unstetigen Verlaufs ebenfalls keine befriedigende Lösung darstellt. Zur Verbesserung des Iterationsverhaltens wurde daher folgende Funktion gewählt:

$$G_r(\epsilon_r) = G_0 \left[(1-a) \frac{n \epsilon_r / \epsilon_0}{n-1+(\epsilon_r / \epsilon_0)^n} + a \right]$$
$$G_r(\epsilon_r) \leq 1,0 \quad (3.2)$$

Hierin bedeuten:

- G_0 = Elastischer Schubmodul
- G_r = Schubmodul im Zustand II
- ϵ_r = Dehnung senkrecht zum Riß
- ϵ_0 = Dehnung bei der Schubrißbildung

Die Form der Funktion wird durch die Parameter a und n beeinflusst, wobei der Parameter n in erster Linie den Verlauf direkt nach der Rißbildung steuert und der Parameter a den Endwert des Schubmodul bestimmt. Bei den durchgeführten Berechnungen wurden die Werte $n = 3$ und $a = 0,15$ angesetzt.

Für die Formulierung der Materialmatrix des Kontaktelementes muß der Zusammenhang zwischen den lokalen Vorspannungen und der zugehörigen Relativverschiebung (Schlupf) definiert werden.

Die Fachliteratur zum Thema Verbund enthält eine große Anzahl von Verbundgesetzen, die auf Versuchsergebnisse basieren. Für die Anwendung in einer Finiten-Element-Berechnung können nur solche Materialgesetze verwendet werden, bei denen die Verbundspannungs-Schlupf-Beziehungen mathematisch eindeutig definiert sind. Eine ausführliche Beschreibung der Verbundgesetze wird in /49/ vorgenommen. Einige ausgewählte Beispiele der dort untersuchten Verbundgesetze sind in Bild 3.6 dargestellt.

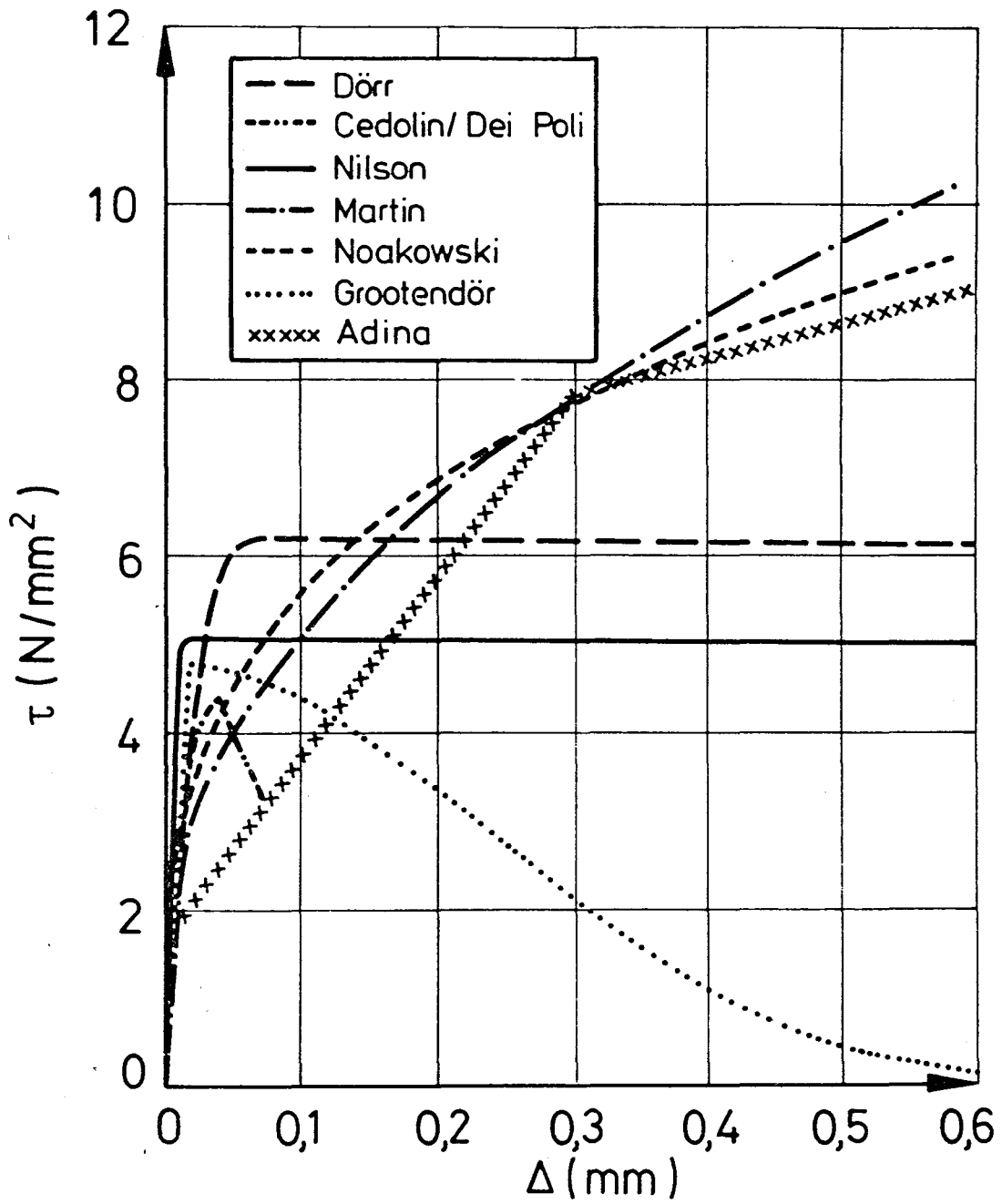


Bild 3.6: Verbundspannungsverschiebungsgesetze

3.3 Ergebnisse der Berechnung

3.3.1 Allgemeines

Mit den zuvor dargestellten Idealisierungen und Werkstoffmodellen wurden unter Variation der Hauptparameter Bewehrungsführung, Bewehrungsgrad und Normalkrafteinfluß eine Reihe von Berechnungen durchgeführt. Nachfolgend erfolgte ein Vergleich der Rechenergebnisse mit den Versuchsergebnissen. Die numerischen Ergebnisse der FEM-Rechenläufe werden mit Post-prozessing-Programmen in graphischer Form dargestellt. Im wesentlichen werden dabei die Spannung entlang eines Bewehrungsstranges (siehe Bild 3.13), die Hauptspannungen der Betonelemente in Größe und Richtung (siehe Bild 3.8), die Rißbilder (siehe Bild 3.9), die Verformungsfigur sowie Einzelverformungen dargestellt. Die Größe und Richtung der Hauptspannungen der Betonelemente werden dabei in den jeweiligen Integrationspunkten angegeben, wobei die Hauptdruckspannungen mit dicker und die senkrecht darauf stehenden Hauptzugspannungen mit dünner Strichstärke angezeigt werden. Überschreitet die Hauptzugspannung in einem Integrationspunkt die Betonzugfestigkeit wird dieser Bereich als gerissen angesehen und ein Riß in Richtung der Hauptdruckspannung eingezeichnet. Eine Entstehung von Druckspannung senkrecht zum Riß in der weiteren Lastgeschichte bewirkt eine Rißschließung die mit einem Kreissymbol gekennzeichnet wird.

3.3.2 Rahmenecken

3.3.2.1 Ecken mit positivem Moment

3.3.2.1.1 Rechtwinklige Rahmenecken

Ausgehend von den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen, welche eine Beeinflussung der Traglast von der Bewehrungsführung im Rahmeneckenbereich aufzeigten, wurde nachfolgend mit der FEM-Methode eine Parameterstudie unter Zugrundelegung verschiedene Bewehrungsführungen durchgeführt.

Um die Ergebnisse mit experimentellen Untersuchungen vergleichen zu können wurden die Versuchskörper der Serie von Balint/Taylor /13/ zugrundegelegt. Ausgewählt bzw. untersucht wurden dabei die folgenden Bewehrungsformen $K = 2$, $K = 4$ und $K = 6$. Dabei wurde jeweils ein Lauf ohne Schrägbewehrung und einer mit einem Schrägstab untersucht. Die Abmessungen der Versuchskörper einschließlich ihrer Elementeinteilung sind dem Bild 3.7 zu entnehmen.

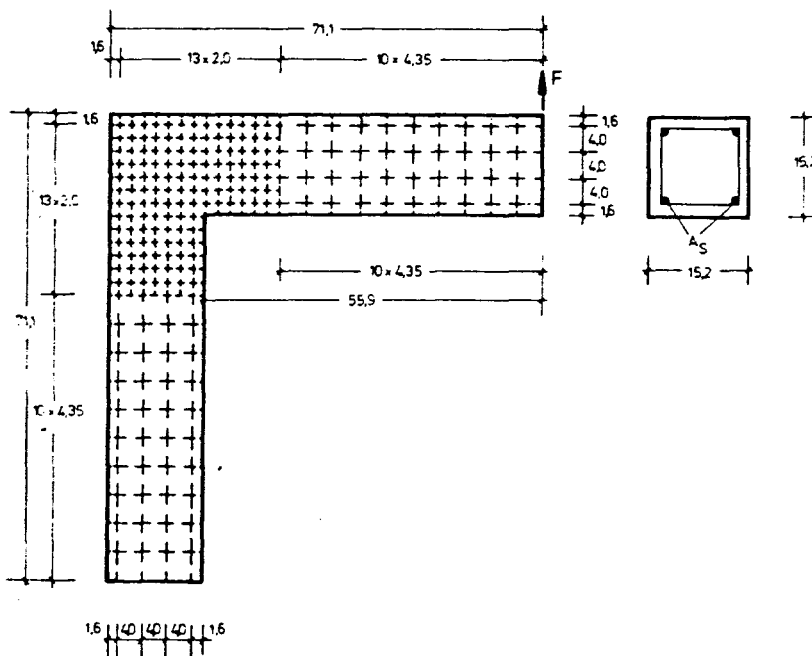


Bild 3.7: Abmessung und Elementeinteilung des untersuchten Versuchskörpers

Die Spannungsdehnungs-Linien für Stahl und Beton wurden nach Bild 3.1 und 3.3 und in Anlehnung an DIN 1045 der Rechnung zugrunde gelegt. Für den Stahl wurden die Kennwerte des BSt IV mit $\beta_s = 420 \text{ N/mm}^2$, $\beta_u = 500 \text{ N/mm}^2$ und $\epsilon_u = 10 \text{ ‰}$ und für Beton diejenigen des B 35 mit $\beta_p = 31,6 \text{ N/mm}^2$ sowie $\epsilon_0 = 2,0 \text{ ‰}$ und $\epsilon_u = 3,5 \text{ ‰}$ verwendet.

Erfahrungsgemäß spielt die Bewehrungsführung im gerissenen Zustand keine Rolle hinsichtlich des Trag- und Verformungsverhaltens.

Die FEM-Nachrechnung zeigt (siehe Bild 3.8), daß es im ungerissenen Zustand zu einer Hauptzugspannungskonzentration an der innenliegenden Rahmenecke kommt. Deshalb bildet sich nach Überschreiten der Betonzugfestigkeit auch ein von der inneren Ecke ausgehender Diagonalriß aus (siehe Bild 2.2).

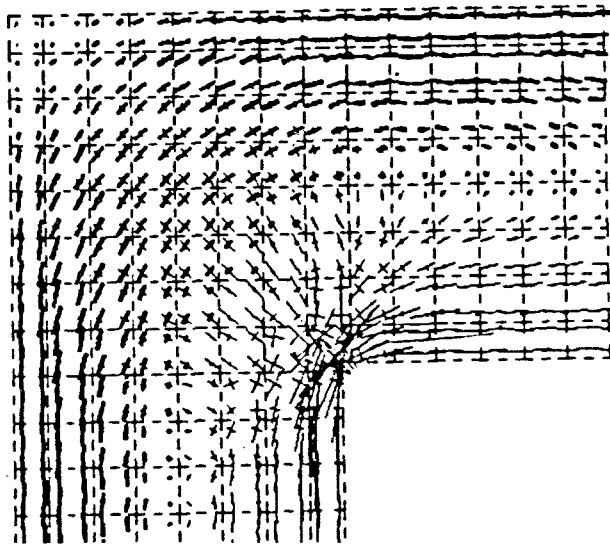


Bild 3.8: Spannungsverteilung in einer Rahmenecke mit positivem Moment im ungerissenen Zustand

Demgegenüber bleibt die außenliegende Ecke bedingt durch die Umleitung der Hauptdruckspannung weitgehend spannungslos. Da durch die Umlenkung der Hauptdruckkräfte in Diagonalrichtung Hauptzugspannungen entstehen, wird der eingangs erwähnte Diagonalriß sich später vergabeln. Diese mit der FEM-Rechnung erzielten Ergebnisse (siehe Bild 3.9) sind durch die Versuche bestätigt (siehe Bild 2.2).

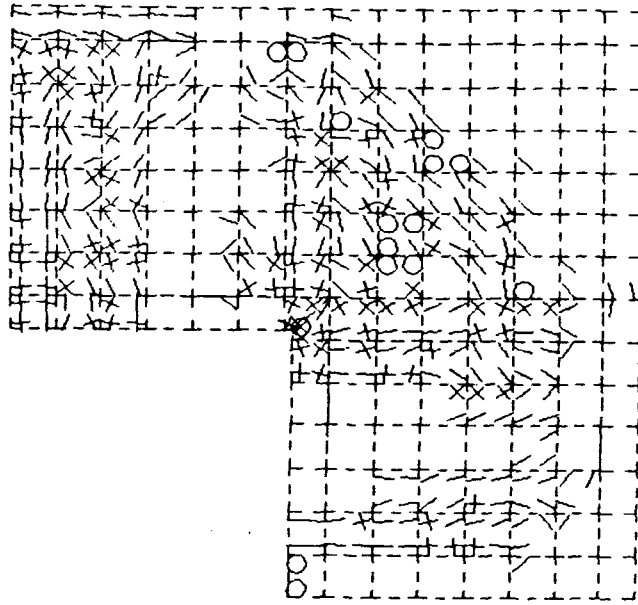


Bild 3.9: Rißbild einer Rahmenecke mit positivem Moment im Bereich des Versagens

Die nach Rißbildung sich einstellende Betondruckspannungsverteilung im Knotenbereich ist abhängig von der Bewehrungsführung. Bei der Bewehrungsführung $K = 4$ ist die Traglast weitgehend identisch mit der Diagonalrißlast, da die Betondruckstrebe kein Widerlager findet. Die Hauptdruckspannungsverteilung einer Rahmenecke mit der $K = 2$ ist in Bild 3.10 und diejenige einer solchen mit $K = 6$ ist in Bild 3.11 dargestellt. Hieraus ergibt sich eine deutlich unterschiedliche Breite der Druckstrebe.

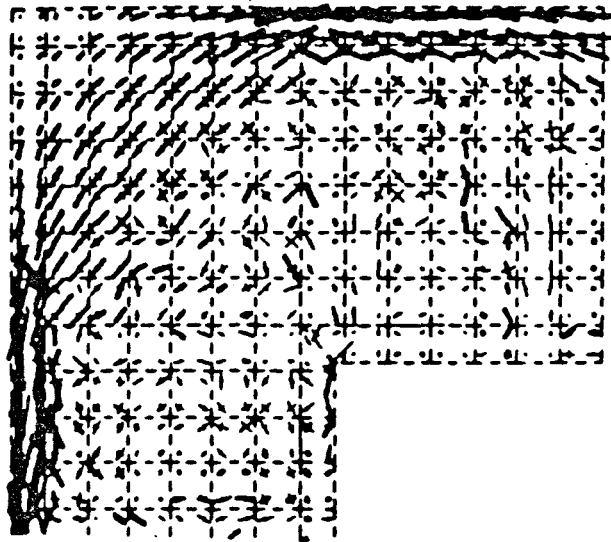


Bild 3.10: Spannungsverteilung in einer Rahmenecke mit positivem Moment im Bruchzustand mit der Bewehrungsführung $K = 2$

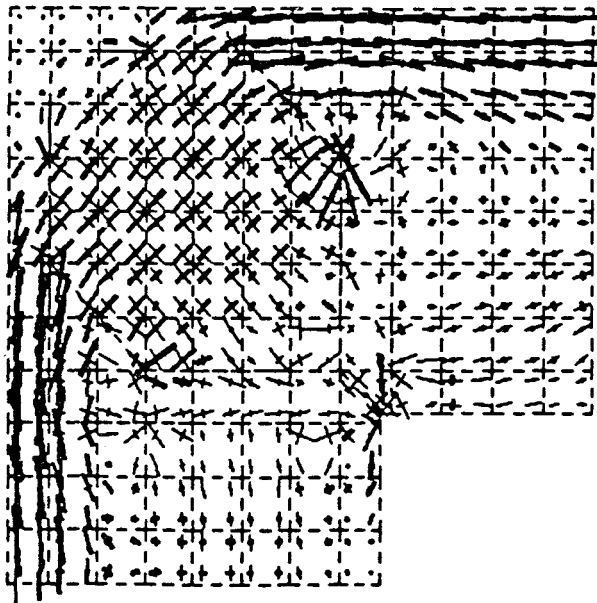


Bild 3.11: Spannungsverteilung in einer Rahmenecke mit positivem Moment im Bruchzustand mit der Bewehrungsführung $K = 6$

Die rechnerischen Traglasten in Abhängigkeit von der Bewehrungsführung sowie vom Bewehrungsgrad sind in Bild 3.12 dargestellt und mit den experimentellen Versuchsergebnissen verglichen. Dabei ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Bruchlast und rechnerischer Traglast. Außerdem ist im Bild 3.12 die rechnerische Biegetragfähigkeit für den Rahmenanschnitt angegeben. Wie schon in Abschnitt 2 festgestellt stimmt die experimentelle Bruchlast bzw. die rechnerische Traglast nur bis zu einem mechanischen Grenzbewehrungsgrad mit der rechnerischen Traglast überein.

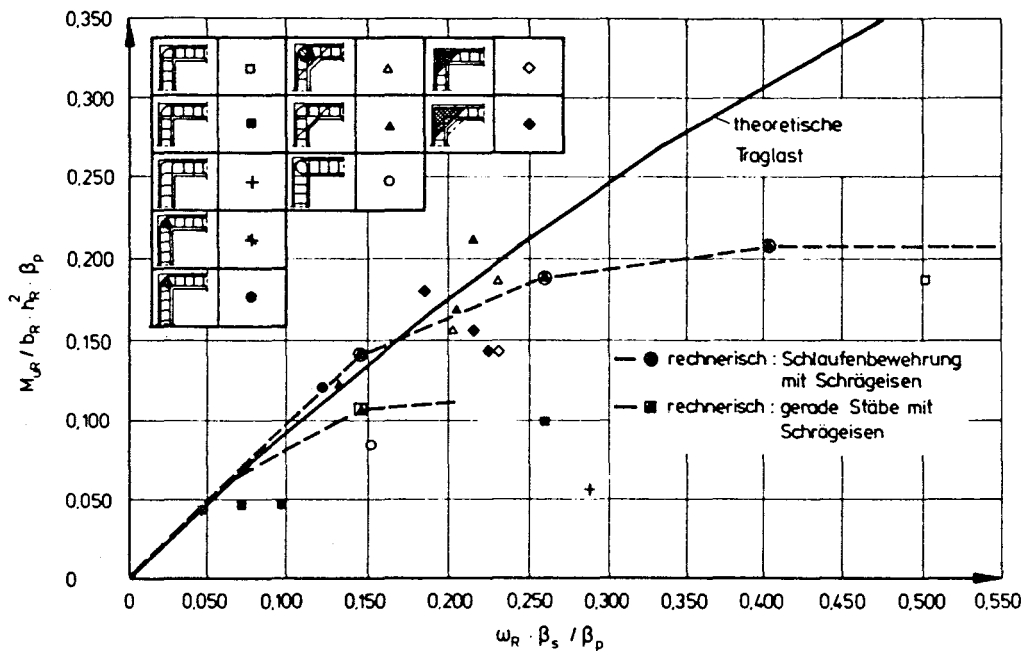


Bild 3.12: Abhängigkeit der Trag- und Bruchlast vom Bewehrungsgrad

In den Bildern 3.13 - 3.16 sind einige mit der FEM-Rechnung ermittelte Spannungsverläufe der Biegezugbewehrung des Riegels und der Stützen mit den aus Querschnittsanalysen ermittelten theoretischen Spannungsverläufen verglichen. Da die Traglasthöhe in Abhängigkeit von der Bewehrungsführung und den zugrundegelegten Stoffgesetzen Schwankungen unterworfen ist, sind die Spannungsverläufe zum Zwecke eines besseren Vergleichs bei etwa 80% der Traglast dargestellt. Zugrundegelegt wurden folgende Bewehrungsmengen: 3 Ø 6 ($\omega_R = 0,055$), 2 Ø 12 ($\omega_R = 0,145$), 2 Ø 16 ($\omega_R = 0,258$) und 2 Ø 20 ($\omega_R = 0,403$). Die mit dem Querschnittanalyseprogramm ermittelten Traglasten betragen $F_u = 6,54$ kN, 17 kN, 29,5 kN und 49,0 kN. Die FEM-Rechnung zeigt, daß oberhalb eines mechanischen Grenzbewehrungsgrades die maximale Spannung in der Biegezugbewehrung nicht die Fließgrenze erreicht. Dies bedeutet, daß der Bruch durch Versagen des Betons und zwar durch denjenigen im Knotenbereich eingeleitet wird.

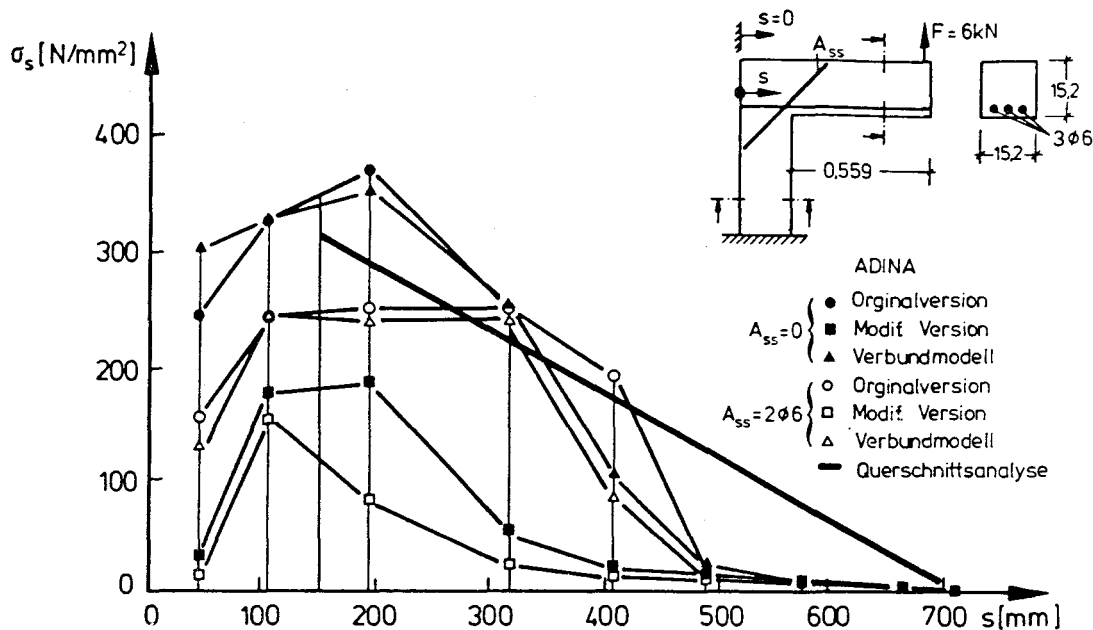


Bild 3.13: Spannungsverlauf der Riegelzugbewehrung einer positiven Rahmen-
ecke bei einem mechanischen Bewehrungsgrad von $\omega = 0,055$

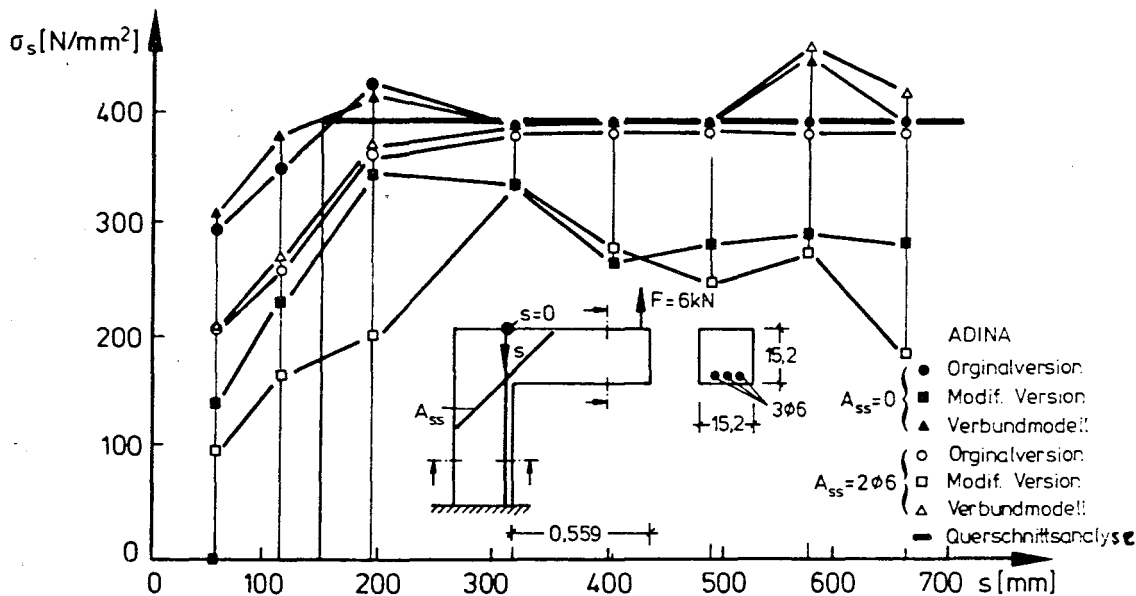


Bild 3.14: Spannungsverlauf der Stützenszugbewehrung einer positiven Rahmen-
ecke bei einem mechanischen Bewehrungsgrad von $\omega = 0,055$

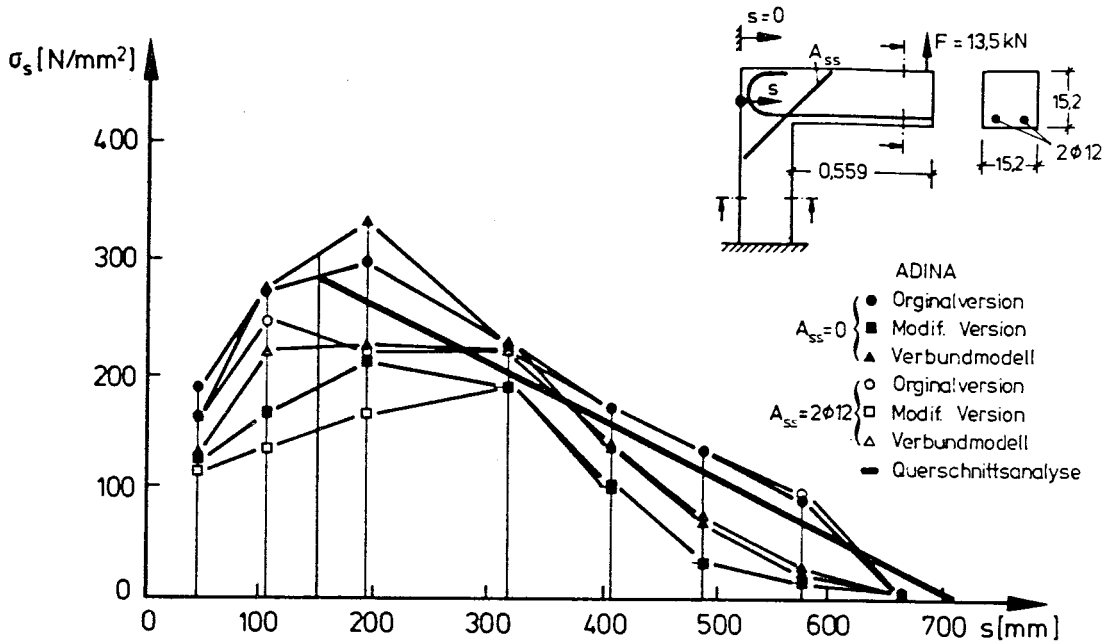


Bild 3.15: Spannungsverlauf der Riegelzugbewehrung einer positiven Rahmenecke bei einem mechanischen Bewehrungsgrad von $\omega = 0,145$

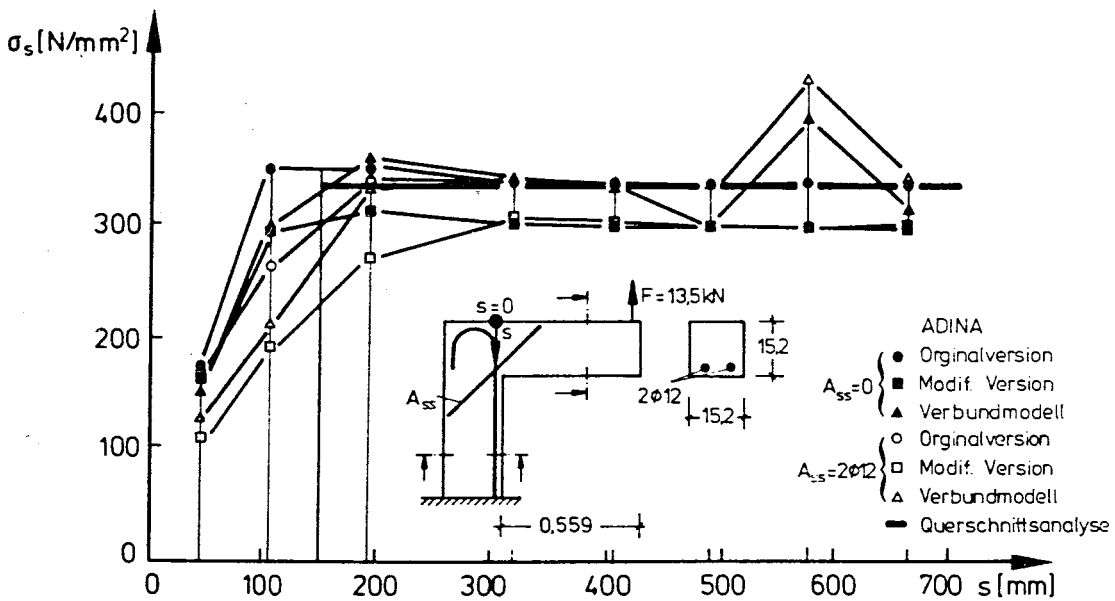


Bild 3.16: Spannungsverlauf der Stützenzugbewehrung einer positiven Rahmenecke bei einem mechanischen Bewehrungsgrad von $\omega = 0,145$

3.3.2.1.2 Stumpfwinklige Rahmenecken

In Anlehnung an die Untersuchungen von rechtwinkligen Rahmenecken wurden nachfolgende Parameterstudien an dem in Bild 3.17 dargestellten Versuchskörper vorgenommen. Auch hier wurden die Bewehrungsformen $K = 2$, $K = 4$ und $K = 6$ untersucht.

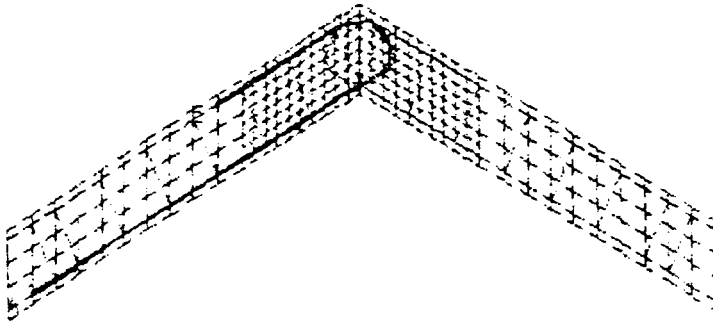


Bild 3.17: Abmessungen und Elementeteilung des untersuchten Versuchskörpers

Die Materialkennwerte wurden gegenüber den Untersuchungen an rechtwinkligen Rahmenecken nicht verändert. Die Ergebnisse sind mit den an rechtwinkligen Rahmenecken gewonnenen vergleichbar. Auch hier kommt es zur Bildung eines Diagonalrisses der sich bei höheren Laststufen vergabelt. Die Betondruckspannungsverteilung im Knotenbereich ist allerdings nicht so stark von der Bewehrungsführung abhängig wie bei den rechtwinkligen Rahmenecken. Auch ist hier der Bereich der außenliegenden Rahmenecke, der weitgehend spannungsfrei bleibt wesentlich kleiner als bei der rechtwinkligen Rahmenecke. Dies wird auch durch Bild 3.18 deutlich, welches die Spannungsverteilung einer stumpfwinkligen Rahmenecke im Bruchzustand zeigt. Eine Bewehrungsführung mit $K = 4$ führt auch hier zu einer Traglast, die nur unwesentlich über der Diagonalrißlast liegt.

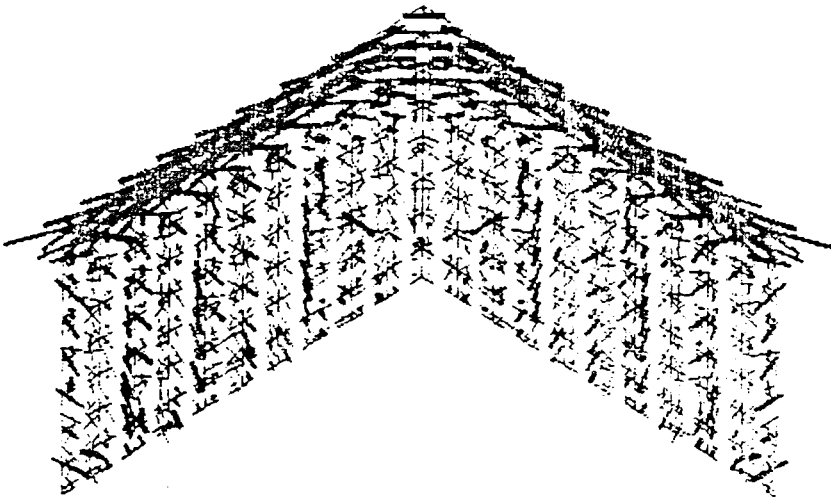


Bild 3.18: Spannungsverteilung in einer stumpfwinkligen Rahmenecke

In Bild 3.20 ist die Betondruckspannungsverteilung im gerissenen Zustand dargestellt. Auch hieraus wird der große, außenliegende, spannungsfreie Bereich und die Notwendigkeit einer Voutenanordnung deutlich.

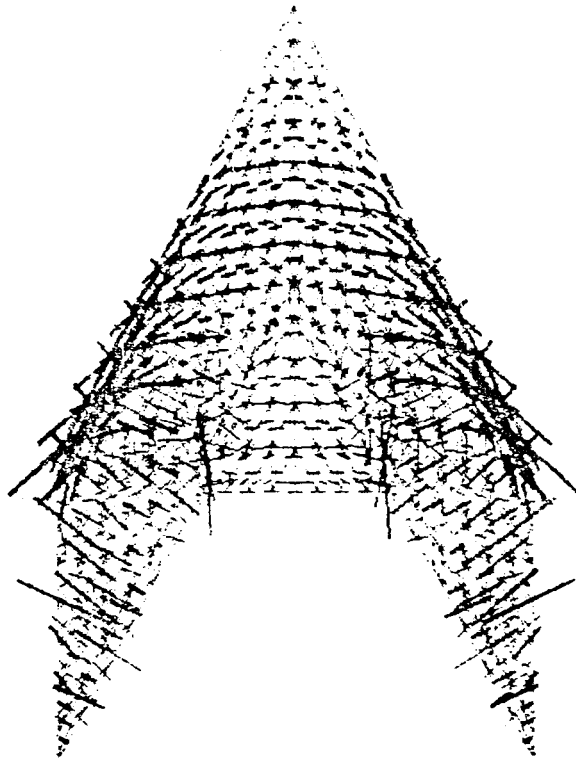


Bild 3.20: Spannungsverteilung in einer spitzwinkligen Rahmenecke

3.3.2.2 Ecken mit negativem Moment

Für die Untersuchungen an Rahmenecken mit negativem Moment wurde der gleiche Versuchskörper wie bei Ecken mit positivem Moment (siehe Bild 3.7) und die gleichen Wirkstoffkennwerte bei geänderter Lastangriffsrichtung zugrundegelegt.

Die FEM-Nachrechnung zeigt (siehe Bild 3.21), daß es im ungerissenen Zustand zu einer Hauptdruckspannungskonzentration an der innenliegenden Rahmenecke kommt.

Die außenliegende Ecke ist bedingt durch die Umleitung der Hauptzugspannungen weitgehend spannungsfrei. Die maximalen Biegespannungen treten im Rahmenanschnitt auf.

Hier bilden sich dann auch die ersten Biegerisse.

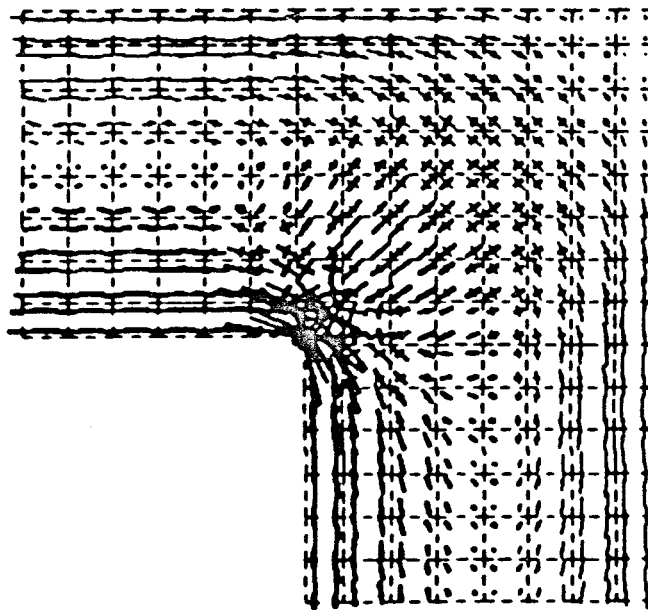


Bild 3.21: Spannungsverteilung in einer Rahmenecke mit negativem Moment im Zustand I

Bei weiterer Belastungszunahme kommt es zur Bildung von Diagonalschissen und zur Ausbildung einer in Diagonalrichtung laufenden Druckstrebe (siehe auch Bild 3.22).

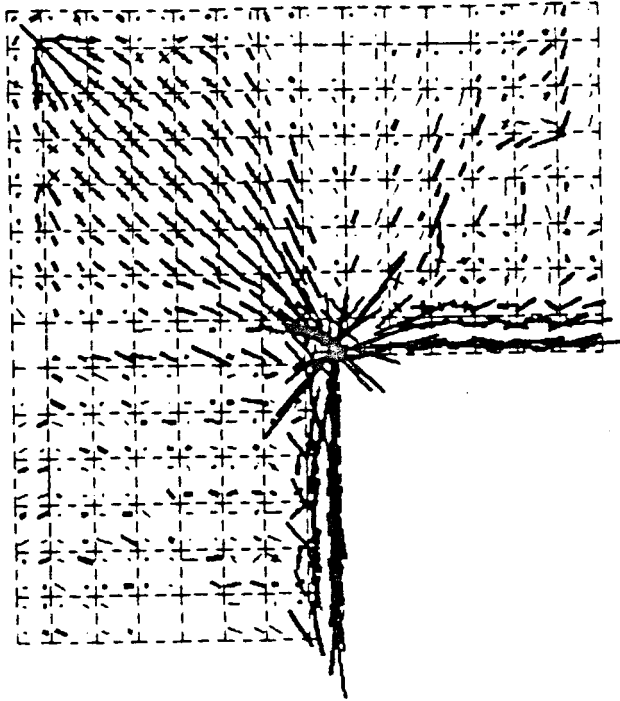


Bild 3.22: Spannungsverteilung in einer Rahmenecke mit negativem Moment im Bruchzustand

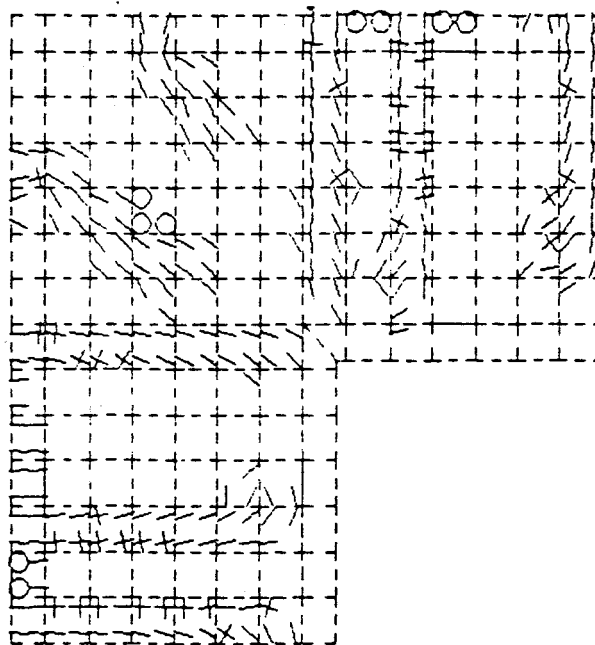


Bild 3.23: Rißbild einer Rahmenecke mit negativem Moment im Bereich des Versagenszustandes

Da bei den experimentellen Untersuchungen keine so starke Abhängigkeit der Traglast von der Bewehrungsführung wie bei positiven Rahmenecken festgestellt wurde erschien eine detaillierte Analyse nicht sinnvoll. Zum anderen wird auf die Untersuchungen von Bargstädt/Duddeck /53/ verwiesen, die sich zwar überwiegend mit dicken Rahmenecken unter negativer Beanspruchung beschäftigen, deren Ergebnisse jedoch nachfolgend berücksichtigt werden.

3.4 Rahmenknoten

3.4.1 Rahmenendknoten

Den Rahmenknoten kann man sich als eine Aufsummierung von zwei Rahmenecken, die jeweils durch ein positives bzw. ein negatives Moment belastet sind, vorstellen (siehe Bild 3.24)

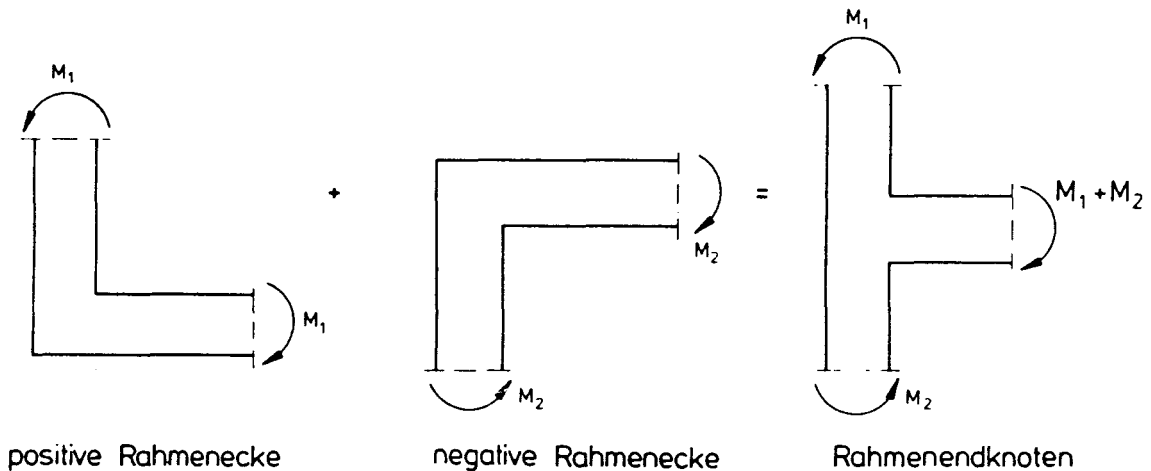


Bild 3.24: Rahmenendknoten zusammengesetzt aus einer Rahmenecke mit negativem und positivem Moment

Die Versuche von Stroband/Hoekstra /30,31/, bei denen gezielt die Einflußparameter wie Riegelbewehrungsgrad, Betongüte, Riegelnormalkraft und Bewehrungsführung variiert wurden, eignen sich sehr gut zur Nachrechnung mit einer FEM-Methode.

Ausgehend von den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen, welche u.a. eine Beeinflussung der Traglast von der Bewehrungsführung im Rahmenendknotenbereich aufzeigten, wurde nachfolgend mit der FEM-Methode eine Parameterstudie unter Zugrundelegung verschiedener Bewehrungsführungen durchgeführt. Die Abmessungen der Versuchskörper einschließlich ihrer Elemententeilung sind dem Bild 3.25 zu entnehmen.

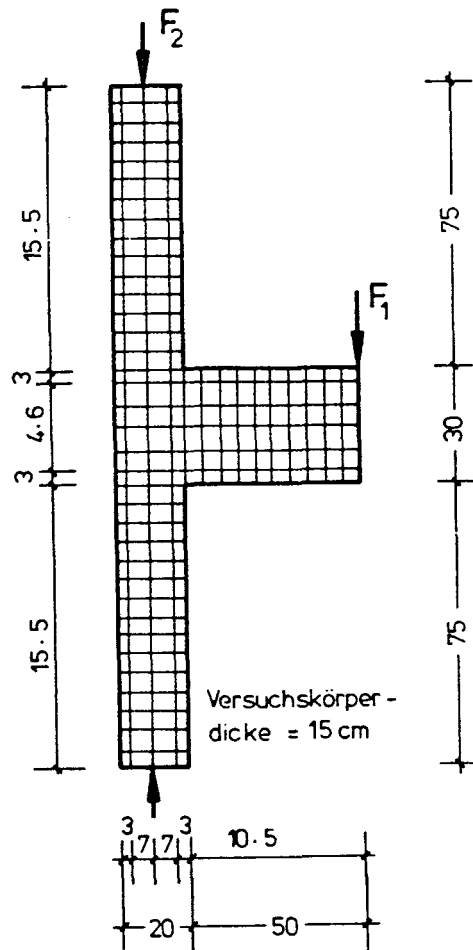


Bild 3.25: Abmessung und Elementeinteilung der untersuchten Versuchskörper

Wie die FEM-Nachrechnung zeigt, kommt es entsprechend den an Rahmenecken gewonnenen Erfahrungen schon im Zustand I im Eckbereich zu Spannungskonzentrationen, wobei sich in der positiven Ecke die Hauptzug- und in der negativen Ecke die Hauptdruckspannungen konzentrieren (siehe Bild 2.30). Wie bei der Rahmenecke mit positivem Moment bildet sich bei den Rahmenendknoten nach Überschreiten der Betonzugfestigkeit ein Diagonalriß aus. Dieser Diagonalriß vergabelt sich später. Nach Überschreiten der Zugfestigkeit im Knotenbereich bilden sich auch hier Schrägrisse aus, die in ihrem Richtungsverlauf senkrecht zu dem Erstriß stehen. Das mit der FEM-Rechnung ermittelte Rißbild stimmt weitgehend mit den in den Versuchen beobachteten überein (siehe Bild 3.26). Die sich im Zustand II ergebende Spannungsverteilung ist in Bild 3.27 dargestellt.

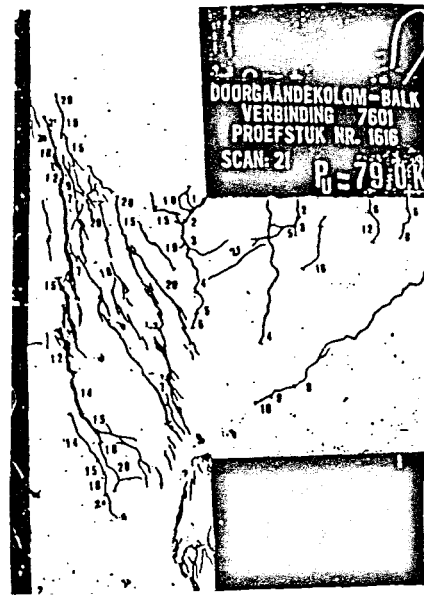
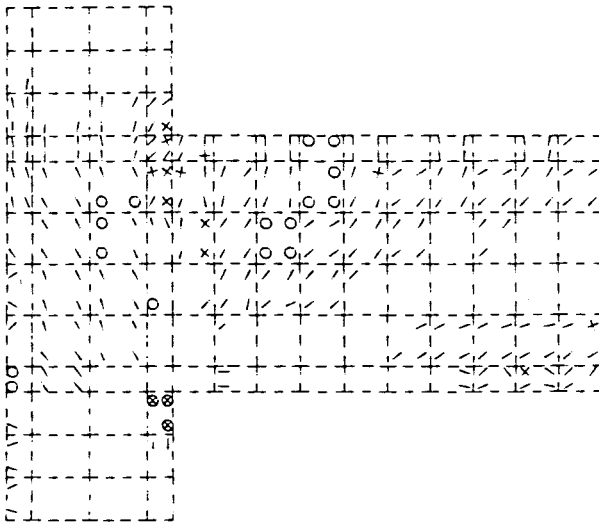


Bild 3.26: Mit der FEM-Rechnung ermitteltes Rißbild eines Rahmenendknotens und das Bruchrißbild

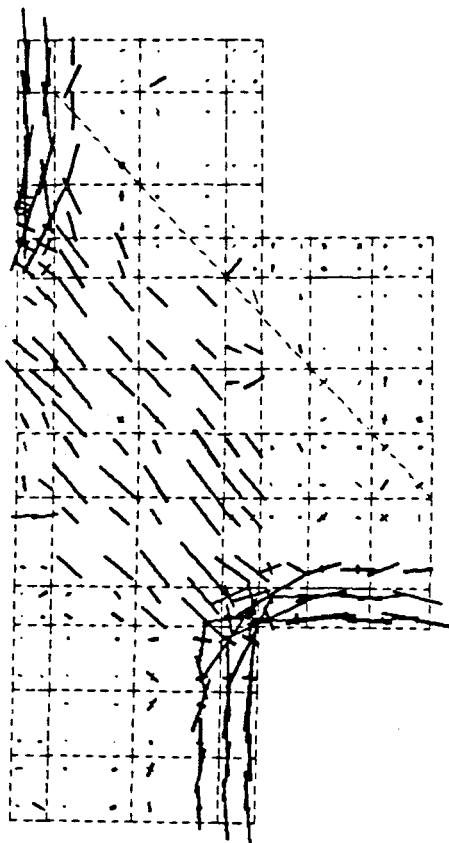


Bild 3.27: Spannungsverteilung in einem Rahmenendknoten im gerissenen Zustand

Die rechnerischen Traglasten in Abhängigkeit von der Bewehrungsführung sowie vom Bewehrungsgrad sind in Bild 3.28 dargestellt und mit den experimentellen Versuchsergebnissen verglichen. Dabei ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Bruchlast und rechnerischer Traglast. Ausserdem ist im Bild die rechnerische Biegetragfähigkeit für den Riegelanschnitt angegeben. Wie schon in Abschnitt 2 festgestellt stimmen die experimentelle Bruchlasten nur bei kleinen mechanischen Bewehrungsgraden mit den rechnerischen Traglasten überein. Im Bild 3.29 ist ein Vergleich der rechnerischen mit der experimentellen Verformungen durchgeführt. Auch hier ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung.

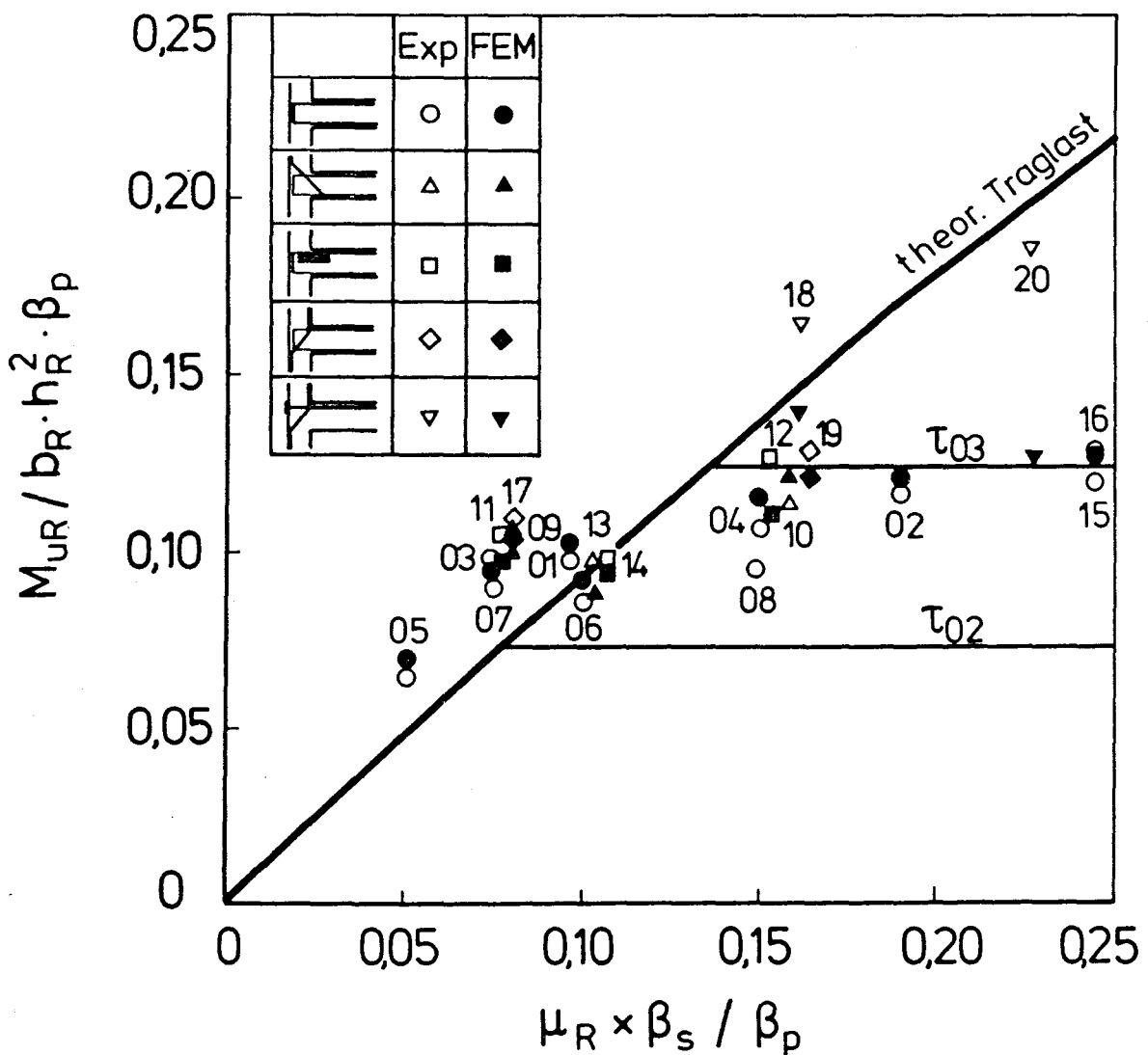


Bild 3.28: Vergleich der experimentellen mit der theoretischen Traglast (Versuche von Stroband/Hoekstra)

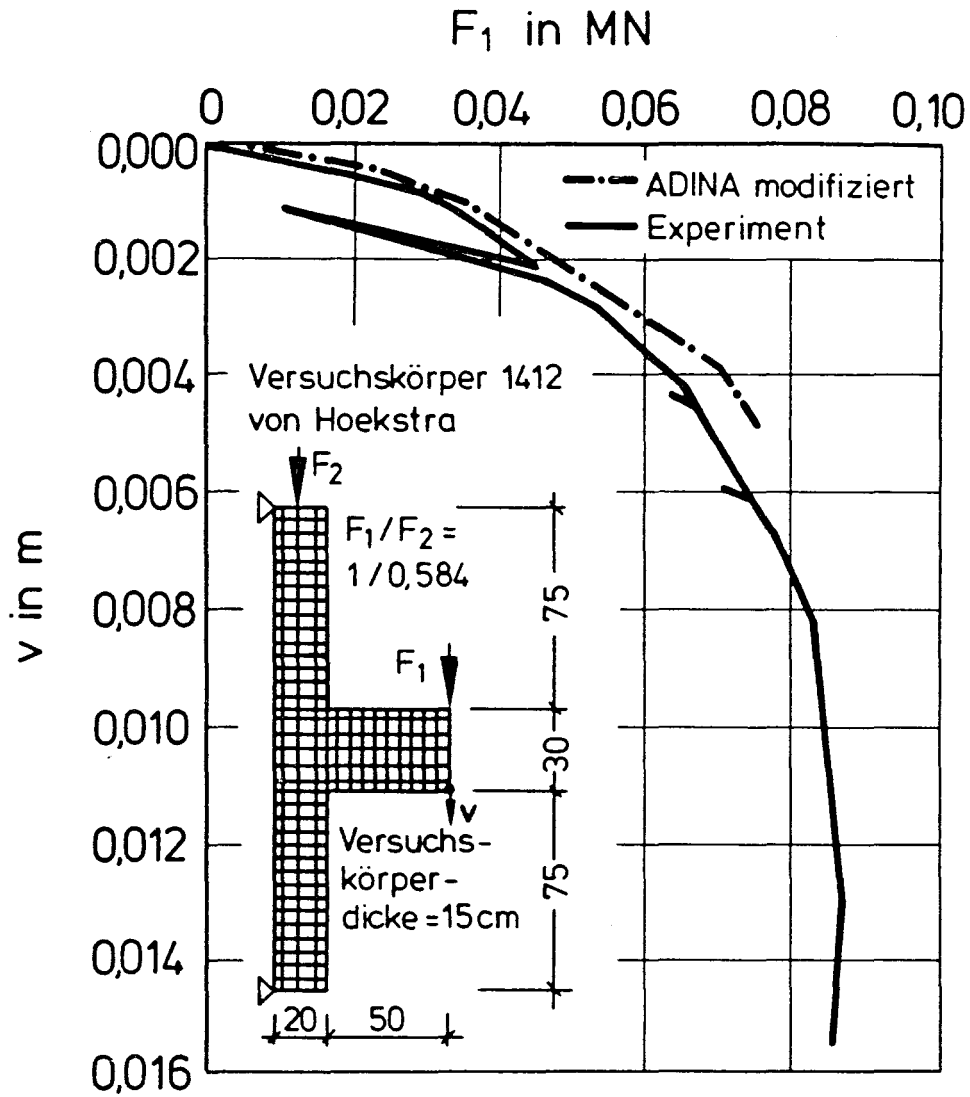


Bild 3.29: Vergleich der experimentellen mit der theoretischen Kiegelverformung eines Rahmenknotens (Versuche von Stroband/Hoekstra)

4 Bemessung und Bewehrungsführung von Rahmenecken und Rahmenknoten in nationalen Vorschriften

4.1 Allgemeines

Es werden nachfolgend nur die wichtigsten nationalen bzw. internationalen Bemessungs- bzw. Bewehrungsvorschriften dargestellt und anhand der vorher beschriebenen experimentellen und analytischen Untersuchungen gewertet und beurteilt.

Dabei wurde folgende Literatur herangezogen:

Bundesrepublik Deutschland

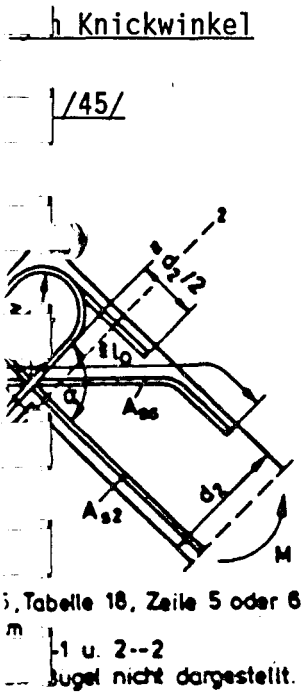
- DIN 1045 Ausgabe 1978, Abschnitt 18.9 /45/ Kordina, Schaaf, Westphal, Empfehlungen für die Bewehrungsführung in Rahmenecken und -knoten /9/

USA

- ACI-ASCE Committee 352, Recommendations for Design of Beam-Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures /46/

FIP-Recommendations

- Practical Design of Reinforced and Prestressed Concrete Structures, London 1984, /47/



ldung einer Rahmenecke bei positivem
aufenartigen Bewehrungsführung (Bild 30,
5°, siehe Bild 4.1) wie z.B. Rahmenecken
ndung von Beton der Festigkeitsklasse
ausgeführt werden, andernfalls sind die
mittgrößen am Anschnitt zum Eckbereich
ingern, d.h., die Bemessungsschnittgrößen
Bei Rahmen aus balkenartigen Bauteilen
ckbereich konstruktiv zu verbügeln; dies
gonal kreuzende, haarnadelförmige Bügel
gleichwertige Bewehrung erfolgen. Bei
en Bauteilen ist zumindest die nach Ab-
schriebene Querbewehrung auch im Eck-

rt (positives Moment, siehe Bild 30)
stets eine Schrägbewehrung A_{SS} anzu-
einem Bewehrungsanteil von $\mu > 0,4\%$
. Dabei ist μ der größere der beiden
eßenden Bauteile. Für $\mu < 1\%$ muß A_{SS}
ehrungsanteils, für $\mu > 1\%$ dem ge-
1.

a $d = 100$ cm genügt zur Aufnahme der
iegedruckzone umfassende Führung der
.1. Bei dickeren Bauteilen oder Ver-
ng der Biegezugbewehrung müssen die
r eine gleichwertige Bewehrung oder

ührung und Einhaltung der Angaben in
rungsängen entfallen. In allen Fäl-
gsstelle A mit dem Maß l_0 nach Gleich-

ig geführt, ist entlang des gedrück-
ber die Querschnittsbreite verteilte
ließenden Bauteilen mit der Veranke-
zu verankern ist.

ssers gilt DIN 1045, Tab. 18 (hier

3	4
BSt 420/500 RT, RK 500/550 RT, RK	BSt 500/550 GK, PK
Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel	Haken, Schlaufen, Bügel
4 d_s	
7 d_s	
Aufbiegungen amungen von Stäben (z. B. in Rahmenecken) ²⁾	
15 $d_s^{2)$	
20 d_s	

Stelle abgebogen, sind für die Stäbe der inneren Lagen
lern.
ndert werden, wenn die Betondeckung rechtwinklig zur
ins 10 cm und mindestens 7 d_s betragen.

ndurchmesser d_{br}

Die in DIN 1045 geforderten Mindestwerte für Betondeckung, Querabstand von Bewehrungsstäben im Stoßbereich und insbesondere für den Biegerollendurchmesser führen bei Rahmenecken mit schlaufenförmiger Bewehrungsführung zu einer engen Begrenzung des größten ausführbaren Bewehrungsgehaltes.

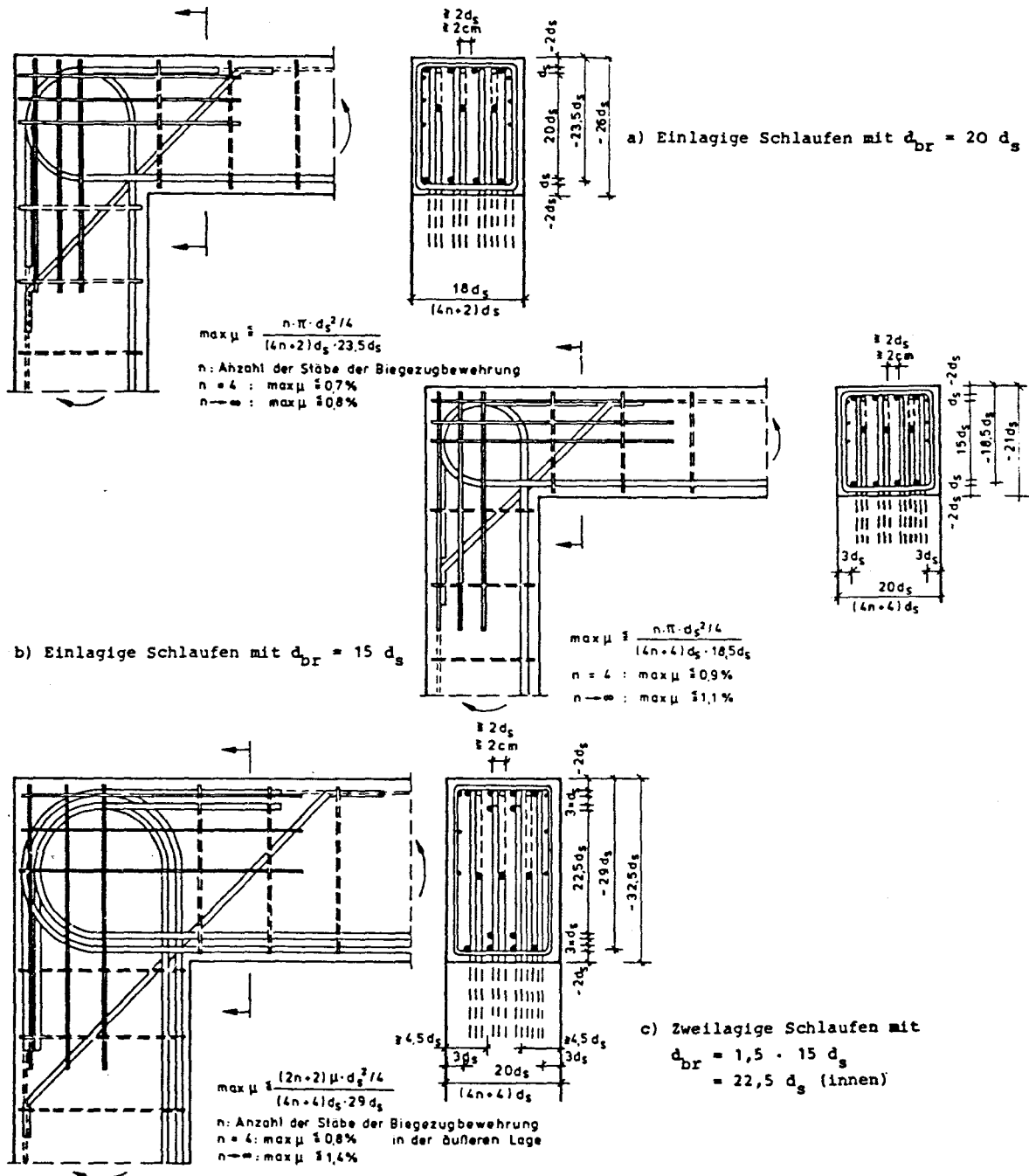


Bild 4.3: Bewehrungsführung in Rahmenecken unter positivem Momentenangriff

Im Heft 354 des DAfStb dem Bild 4.3 entnommen wurde sind die Abhängigkeit von der Bewehrungsführung die maxiaml zulässigen Bewehrungsgrade ermittelt worden. Dabei ergibt sich für Rahmenecken unter positivem Momentenangriff mit z.B. vier Bewehrungsstäben und einem Biegerollendurchmesser von $d_{br} = 20 d_s$ ein maximaler Bewehrungsgehalt von $\mu = A_s (b \cdot h) \leq 0,7 \%$ (Bild 4.3a). Verringert man den Biegerollendurchmesser unter Beachtung der höheren Betondeckung auf $d_{br} = 15 d_s$, erhält man bei gleicher Anzahl der Bewehrungsstäbe $\mu \leq 0,9 \%$ (Bild 4.3b). Bei Ausführung eines zweilagigen Schlaufenstoßes sind besonders die erhöhten Werte für Biegerollendurchmesser und Betondeckung der inneren Lage zu beachten. Hier würde sich ein Höchstbewehrungsgehalt von $\mu \leq 0,8 \%$ ergeben (Bild 4.3c).

Handelt es sich um eine Eckverbindung plattenartiger Bauteile (Bild 4.7), ist der Bewehrungsgehalt für $d_{br} = 15 d_s$ auf $\mu < 1,1 \%$ begrenzt. Soll gemäß DIN 1045, Tab. 18, der Wert $d_{br} = 10 d_s$ ausgenutzt werden, erhöht sich auch der Mindestabstand der Bewehrung; größere Bewehrungsgehalte sind daher nicht möglich ($\mu < 0,8 \%$). An den freien Rändern der Eckverbindungen plattenartiger Bauteile sind zusätzliche Querbewehrungen anzuordnen, um die dort am Querschnittsrand im Beton auftretenden Querkzugspannungen aufzunehmen.

DIN 1045, Ausgabe 1978, erlaubt eine schlaufenartige Bewehrungsführung wie vorstehend beschrieben nur bis Bauhöhen von 1,0 m; für höhere Bauteile wird eine Bewehrungsführung nach Bild 4.4 verlangt. Der Grund für diese Begrenzung des Anwendungsbereiches der schlaufenartigen Bewehrungsführung ist darin zu sehen, daß bei hohen Bauteilen die umschnürende Wirkung der schlaufenförmig geführten Bewehrungsstäbe wegen der vergleichsweise großen Krümmungsradien nicht mehr gesichert erscheint. Auch hier ist eine Schrägbewehrung A_{ss} nach den vorgenannten Kriterien anzuordnen.

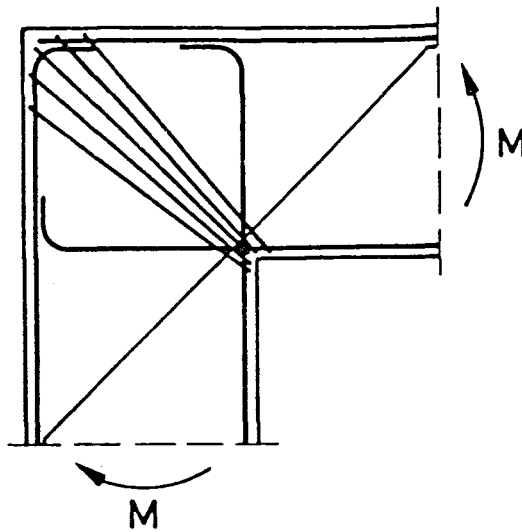
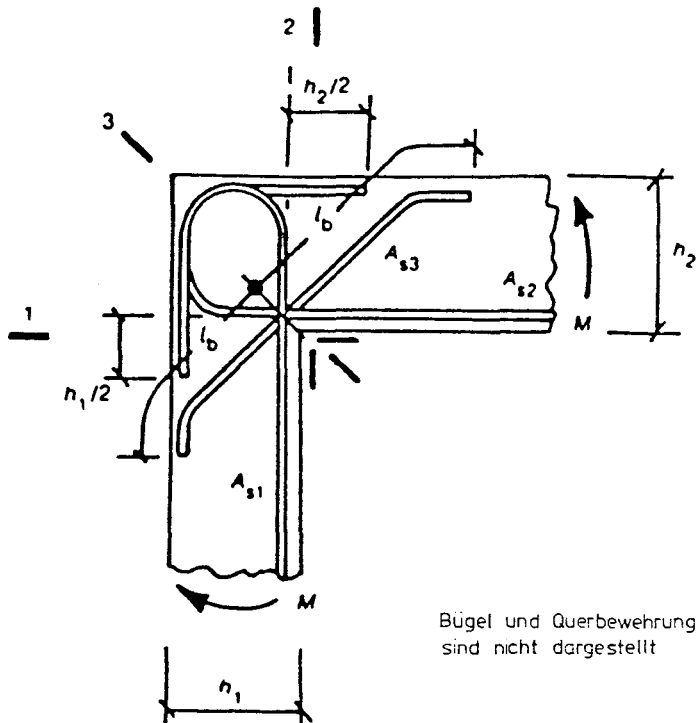


Bild 4.4: Bewehrungsführung in Rahmenecken mit positiver Momentbeanspruchung und $d > 1,0 \text{ m}$

CEB/FIP



Bügel und Querbewehrung
sind nicht dargestellt

Bild 4.5: Beispiel für die Ausbildung einer Rahmenecke bei positivem Moment

Bei positiven Momenten kann der Hauptriß, der unter 45° Neigung entsteht, nicht ausreichend von der normalen Balken- und Stützenbewehrung aufgenommen werden. Zusätzliche geneigte Stäbe, senkrecht zum möglichen 45° Riß sind notwendig zur Beschränkung der Rißweite und für die Gewährleistung der gleichen Biegetragfähigkeit im Endbereich wie im Balken- und Stützenbereich in der Nähe des Anschnitts.

4.2.1.2 Stumpfwinklige Rahmenecke

DIN 1045 Bundesrepublik Deutschland /45/

Umlenkkräfte

Bei Bauteilen mit gebogenen oder geknickten Leibungen ist die Aufnahme der durch die Richtungsänderung der Zug- oder Druckkräfte hervorgerufenen Zugkräfte nachzuweisen; in der Regel sind diese Umlenkkräfte durch zusätzliche Bewehrungselemente (z.B. Bügel, siehe Bild 4.3) und b)) oder durch eine besondere Bewehrungsführung (z.B. Schlaufen nach Bild 4.1) abzudecken.

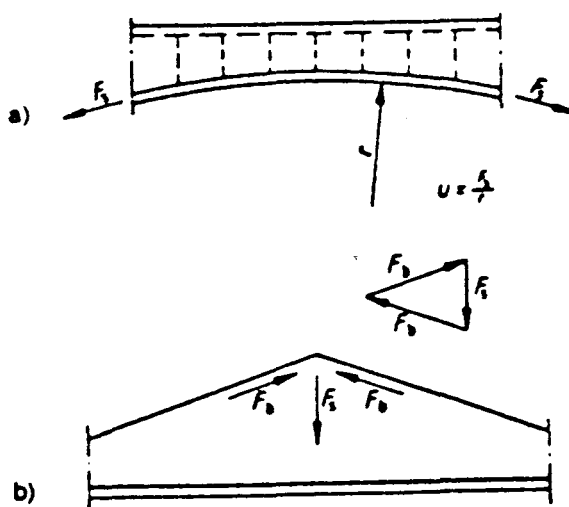
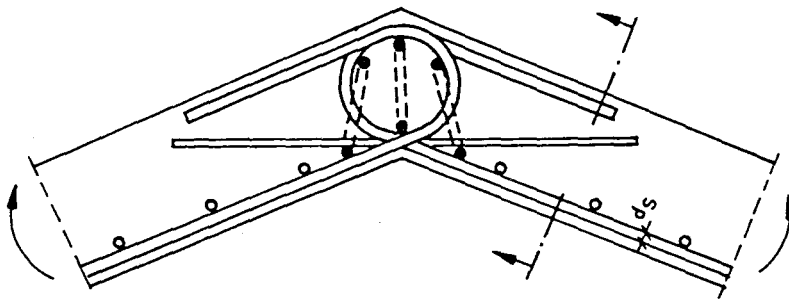
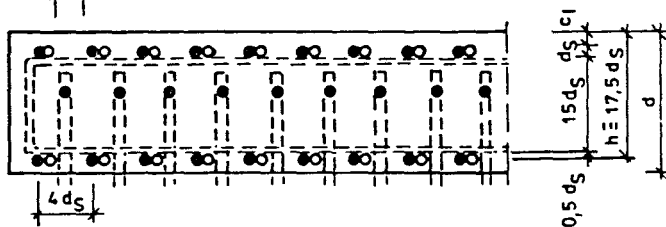


Bild 4.6: Umlenkkräfte bei stumpfwinkligen Rahmenecken

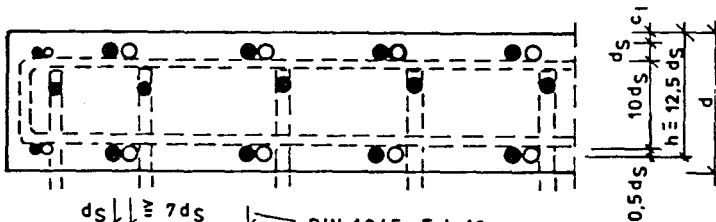
Bei einer schlaufenförmigen Bewehrungsführung ist die Größe des Biegerollendurchmessers zu beachten (siehe Bild 4.2). Entsprechend wird auch hier der Bewehrungsgrad begrenzt (siehe Bild 4.3). Häufig finden stumpfwinklige Rahmenecken in plattenförmigen Bauteilen Anwendung. Hier ist der Bewehrungsgehalt für $d_{br} = 15 d_s$ auf $\mu \leq 1,1 \%$ begrenzt.



$\geq 2d_s$
 $\geq 2\text{ cm}$ DIN 1045, Bild 17



$$d_{br} = 15d_s : \max \mu = \frac{\pi d_s^2 / 4}{4d_s \cdot 17,5d_s} = 1,1\%$$



$d_s \geq 7d_s$
 $\geq 10\text{ cm}$
 $8d_s$ DIN 1045 Tab. 18
Fußnote 32

$$d_{br} = 10d_s : \max \mu = \frac{\pi d_s^2 / 4}{8d_s \cdot 12,5d_s} = 0,8\%$$

Bild 4.7: Bewehrungsführungen in Ecken plattenartiger Bauteile unter positivem Momentenangriff

CEB/FIP

Spezielle Effekte (Zugkräfte)

Konzentrierte Zugkräfte, die auftreten, wenn es zu einer gravierenden Umlenkung der inneren Kräfte kommt, müssen durch zusätzliche und besonders angeordnete Bewehrungsführung aufgenommen werden (siehe Bild 4.8).

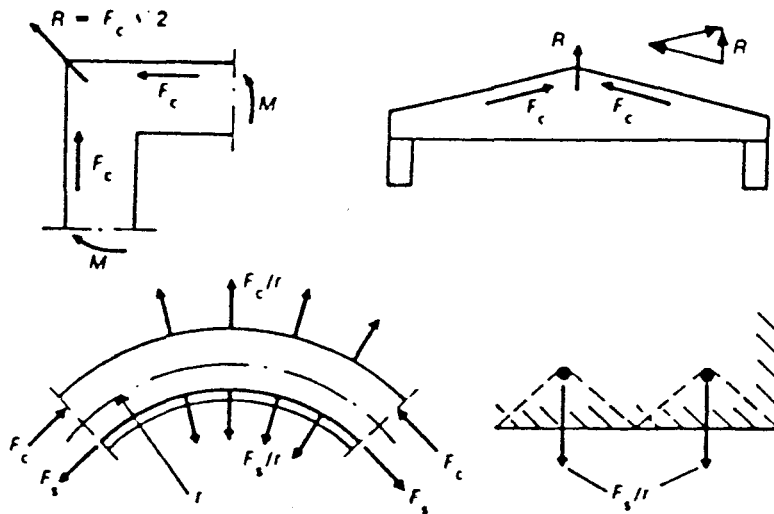


Bild 4.8: Beispiele von Zugkräften bei stumpfwinkligen Rahmenecken

4.2.1.3 Spitzwinklige Ecken

DIN 1045 Bundesrepublik Deutschland

Überschreitet der Knickwinkel $\alpha \approx 100^\circ$, ist zur Aufnahme dieser Schrägbe-
wehrung eine Voute auszubilden und A_{ss} stets nur für das gesamte umzulei-
tende Moment auszulegen. Eine Bewehrungsführung nach Bild 4.9 mit A_{ss} in
der Größe der Biegezugbewehrung der angeschlossenen Bauteile vermeidet
eine verfrühte und übermäßige Rißbildung; sie sichert einen Wirkungsgrad
von etwa 100 %.

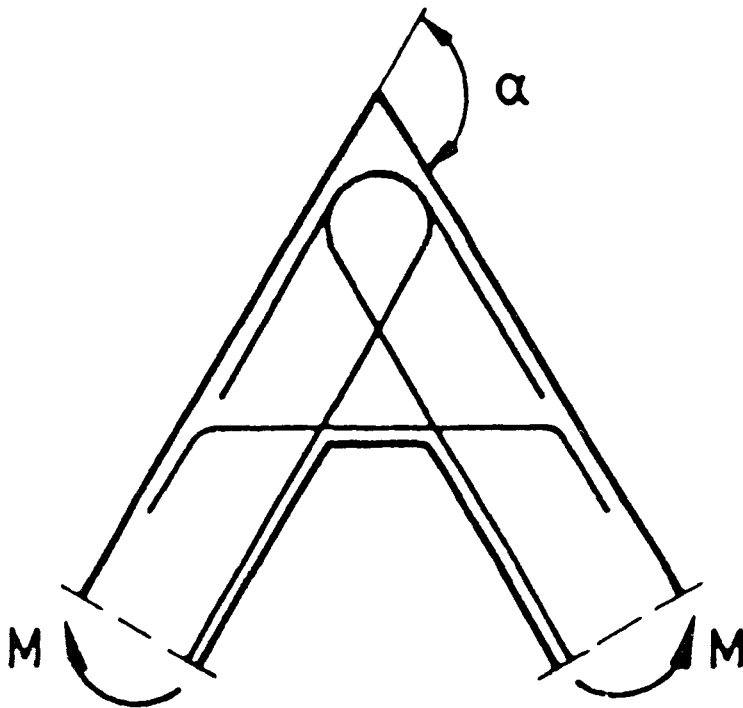


Bild 4.9: Empfohlene Bewehrungsführung für eine spitzwinklige Rahmenecke

4.2.2 Ecken mit negativem Moment

DIN 1045 Bundesrepublik Deutschland /45/

Wird bei Rahmenecken mit negativem Moment die Bewehrung im Bereich der Ecke gestoßen, darf die Übergreifungslänge $l_{\bar{u}}$ (siehe Abschnitt 18.6.3) gemäß Bild 4.10 gerechnet werden, wenn an den Stabenden Haken oder Winkelhaken angeordnet werden. Für die Querbewehrung gilt Abschnitt 18.6.3.4.

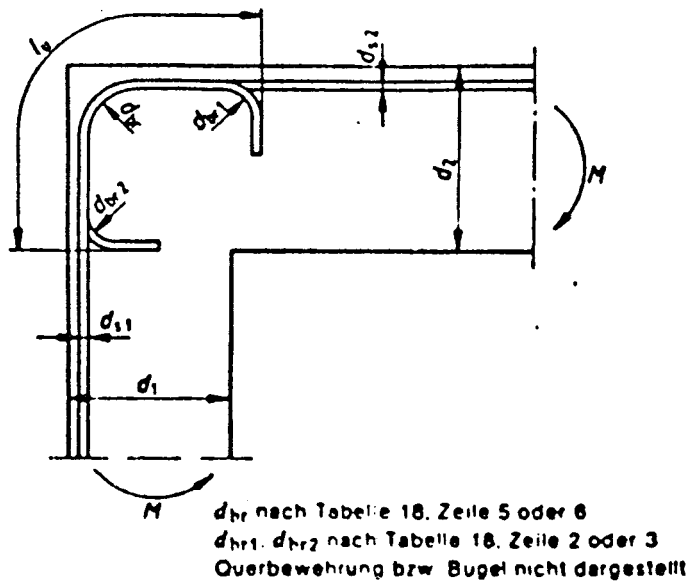


Bild 4.10: Beispiel für die Ausbildung einer Rahmenecke bei negativem Moment und Bewehrungsstoß in der Rahmenecke

Die in Abschnitt 21.1.2 geforderte Zusatzbewehrung zur Beschränkung der Rißbreite bei hohen Stegen ist bei Rahmenecken ab Bauhöhen $d > 70$ cm erforderlich.

Eine Konzentrierung der Zugbewehrung nahe dem äußeren Querschnittsrand ist zweckmäßig, weil hierdurch der größtmögliche Hebelarm der inneren Kräfte erzielt und ein Aufreißen des Diagonalrisses verhindert wird. Allerdings müssen die Biegeradien nach DIN 1045 (Bild 4.2) eingehalten werden: Bei mehrlagiger Bewehrung ist eine weitere Vergrößerung der Biegeradien gefordert.

Ein Vergleich mit der Verteilung der Zugspannungen im Zustand I zeigt, daß im ungerissenen Zustand der Angriffspunkt der resultierenden Biegezugkraft näher zur Nulllinie liegt. Dis kann zur Folge haben, daß sich in diesem Bereich bei hohen Querschnitten ($d > 70 \text{ cm}$) schon unter Gebrauchslast Risse mit größerer Breite einstellen. Durch Verteilung der Zugbewehrung auf die gesamte Zugzone kann diese ungünstige Entwicklung wirksam behindert werden (vgl. hierzu auch DIN 1045 (1978), Abschnitt 18.9.3, letzter Absatz, sowie Abschnitt 21.1.2.3, Absatz). Nach wie vor wird jedoch der überwiegende Bewehrungsanteil nahe dem äußeren Querschnittsrand angeordnet, wie Bild 4.11 erkennen läßt.

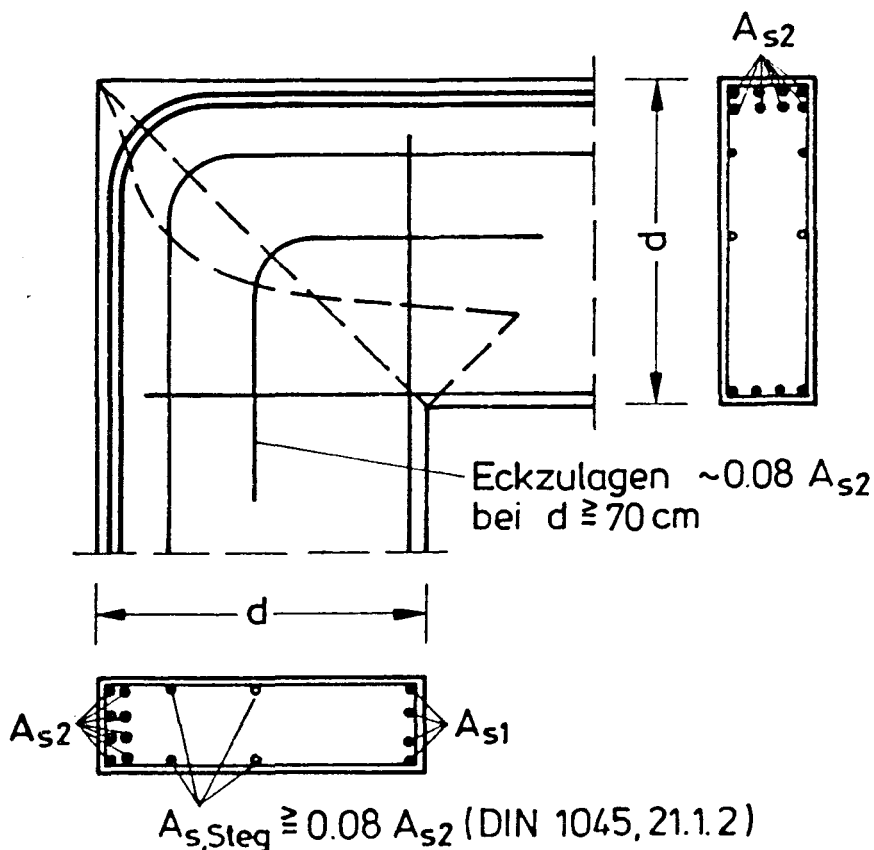


Bild 4.11: Empfohlene Bewehrungsführung für eine 90° Grad Rahmenecke unter negativem Moment

CEB/FIP

In Rahmenecken mit negativer Momentenbeanspruchung (siehe Bild 4.12) entsprechen die kritischen Querschnitte den Stützen-Balken-Anschnitten (horizontal und vertikal). Im Allgemeinen ist der Rahmeneckbereich groß genug, um einen Überlappungsstoß der Stützen- und Balkenlängsbewehrung durch Haken oder Winkelhaken zu ermöglichen.

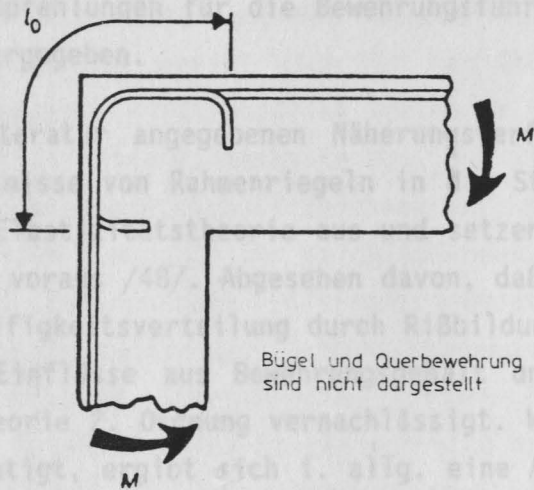


Bild 4.12: Beispiel für die Bewehrung einer Rahmenecke bei negativer Momentenbeanspruchung (geschlossenen Ecke)

4.3 Rahmenknoten

4.3.1 Ebene Rahmenendknoten

Bundesrepublik Deutschland

In DIN 1045 sind im Gegensatz zu den Rahmenecken keine Bewehrungsrichtlinien für Rahmenknoten beinhaltet. Deshalb werden nachfolgend die in /9/ beinhalteten Empfehlungen für die Bewehrungsführung, die auf der DIN 1045 aufbauen, wiedergegeben.

Die in der Literatur angegebenen Näherungsverfahren zur Ermittlung der Einspannverhältnisse von Rahmenriegeln in die Stiele eines Rahmenskeletts gehen von der Elastizitätstheorie aus und setzen den ungerissenen Zustand I der Bauteile voraus /48/. Abgesehen davon, daß diese Ansätze die Veränderung der Steifigkeitsverteilung durch Rißbildung außer acht lassen, werden auch die Einflüsse aus Bewehrungsgehalt und Verformung der Rahmenstiele nach Theorie 2. Ordnung vernachlässigt. Werden diese Einflüsse jedoch berücksichtigt, ergibt sich i. allg. eine Abminderung des Riegeleinspannmomentes.

Rahmenknoten werden ferner als winkeltreu vorausgesetzt; nur die Biegeverformungen bzw. die Biegesteifigkeiten der einzelnen Bauteile (Stäbe, Riegel, Stiele) des Systems gehen in die Verformungsgrößen ein. Die vorliegenden Versuche zeigen jedoch, daß mit dem Übergang nach Zustand II im Zusammenhang mit der Rißbildung auch im Knoten selbst Verformungen auftreten, die Winkeländerungen hervorrufen /8/. Die Verformungsvorgänge im Knoten führen zu einem weiteren Abbau des Riegel-Einspannmomentes, woraus sich die Feststellung ableiten läßt, daß im Regelfall die Riegel-Einspannmomente in einem Endstiel bei Anwendung der üblichen Bemessungsverfahren zu groß und die Feldmomente des anschließenden Riegelendfeldes zu klein ermittelt werden.

Aus Sicherheitsgründen sollte daher die Bewehrung des Riegelendfeldes für ein um 30 % des rechnerisch-theoretischen Wertes abgemindertes Riegel-End-Einspannmoment bemessen werden; im Hinblick auf die Vermeidung zu großer Rißbreiten im Gebrauchszustand sollte jedoch von einer Herabsetzung des rechnerisch-theoretischen Riegel-Endeinspannungsmomentes und einer entsprechenden Reduktion der Anschlußbewehrung Abstand genommen werden.

—Des weiteren ist hier von Bedeutung, daß die Einleitung von Biegemomenten aus einem Riegel in einen durchgehenden Rahmen-Endstiel nicht gleichwertig nach oben bzw. nach unten erfolgt, weil es im allgemeinen nicht gelingt, die Anschlußbewehrung zwischen Riegel und Stiel nach oben und unten gleichwertig wirkend auszubilden. Bei theoretisch gleichen Steifigkeitswerten des oberen und unteren Stieles wird deutlich mehr als die Hälfte des Riegeleinspannmomentes "nach unten", also um die "Druckecke" eingeleitet, wofür u.a. der größere innere Hebelarm ursächlich sein dürfte. Naturgemäß sind Beobachtungen dieser Art auch abhängig von der Höhe des Beanspruchungsgrades; die Aufteilung des Riegeleinspannmomentes in den oberen und unteren Rahmenstiel ergibt sich für den Gebrauchszustand anders als für den Bruchzustand. In Extremfällen treten im Stiel eines Rahmen-Endknotens in der Höhe der Riegelunterkante bzw. der Riegeloberkante sehr große Biegemomente entgegengesetzten Vorzeichens auf; dies kann dazu führen, daß über die Riegelhöhe hinweg in der durchlaufenden, lotrechten Bewehrung des Stieles so große Stahlspannungs-Differenzen durch Verbund aufgenommen werden müssen, daß die zulässigen Verbundspannungswerte nach DIN 1045, Abschn. 18.4, Tabelle 19, überschritten werden. In diesem Fall dürfen die jeweils auf der Druckseite der Stielanschnitte angeordneten Längsbewehrungen für die Aufnahme der Schnittgrößen nicht herangezogen werden, bzw. sind die Verbundspannungen im Knoten durch Zulage von Bewehrungsstäben zu reduzieren /8/.

Eine schlaufenförmige Bewehrungsführung entsprechend DIN 1045, Bild 30, für die Einleitung der Riegelkräfte in den oberen Stiel ist meist nicht möglich und auch nicht üblich. Die Schrägbewehrung muß daher immer dem gesamten Bewehrungsanteil des in den oberen Stiel umgeleiteten Riegemomentes entsprechen, um ein frühzeitiges Aufklaffen des Kehlrisses zu verhindern. Die Verbügelung des Knotenbereiches ist für das Tragverhalten wesentlich; der Gesamtquerschnitt der Steckbügel soll etwa dem der Schrägbewehrung entsprechen /8/. Bild 4.13 zeigt typische Bewehrungsführungen in Rahmenendknoten.

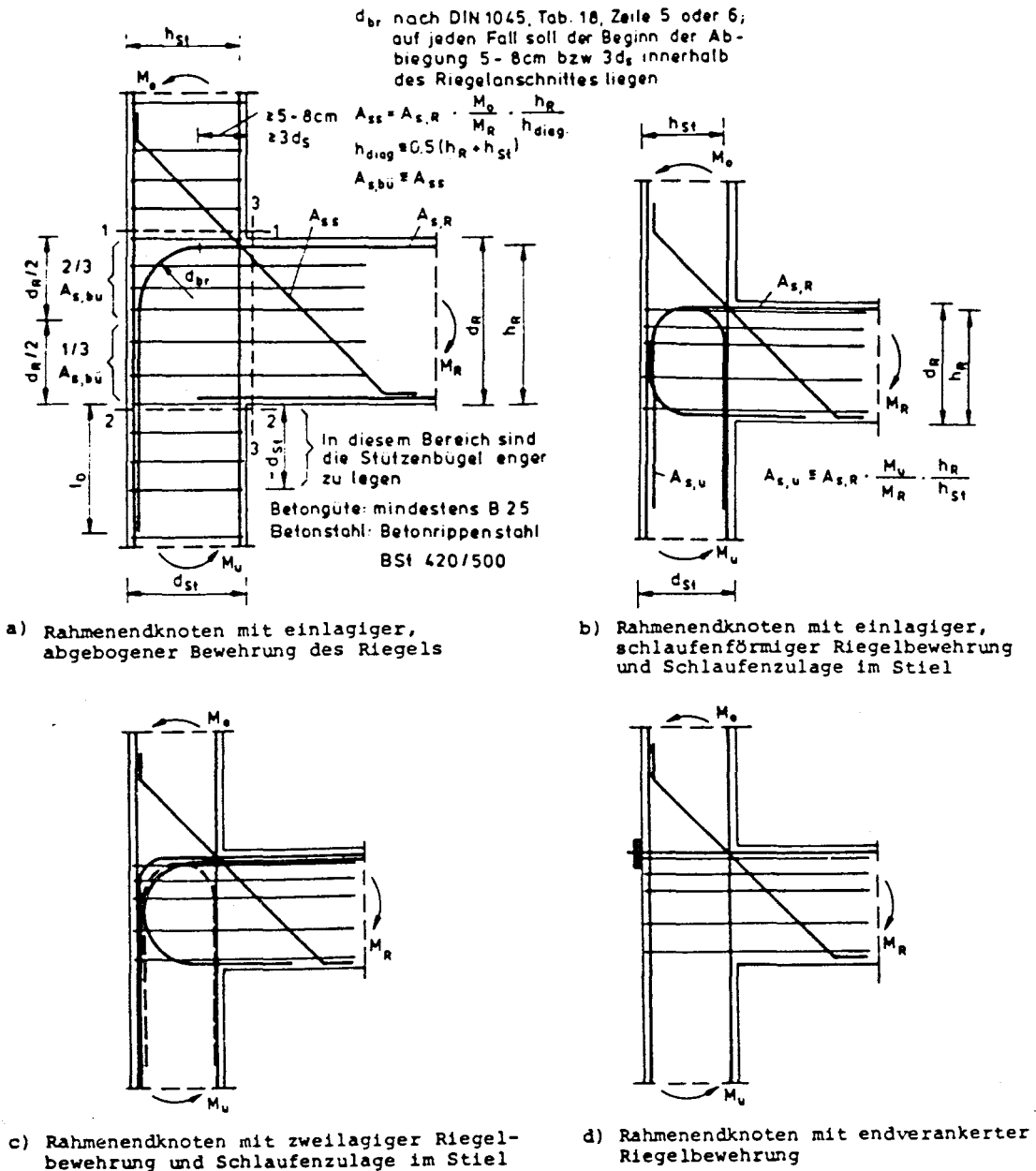


Bild 4.13: Typische Bewehrungsführungen in Rahmenendknoten

Für die Grundwerte der Verbundspannung τ_1 dürfen nach DIN 1045 in Abhängigkeit von der Beton- und Stahlgüte die folgenden Werte in Ansatz gebracht werden.

	1	2	3	4	5	6	7
	Verbundbereich	Oberflächen- gestaltung	Festigkeitsklasse des Betons				
			B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
1	I	glatt BSt 220/340 GU, BSt 500/550 GK	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2		profiliert BSt 500/550 PK	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
3		gerippt BSt 420/500 RU, RK BSt 500/550 RU, RK	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0
4	II	50 % der Werte von Verbundbereich I					

Bild 4.14: Zulässige Grundwerte der Verbundspannung zu τ_1 in MN/m^2

Verbundbereich I gilt für

- alle Stäbe, die beim Betonieren zwischen 45° und 90° gegen die Waagerechte geneigt sind,
- flacher als 45° geneigte Stäbe, wenn sie beim Betonieren entweder höchstens 25 cm über der Unterkante des Frischbetons oder mindestens 30 cm unter der Oberseite des Bauteils oder eines Betonierabschnittes liegen.

Verbundbereich II gilt für

- alle Stäbe, die nicht dem Verbundbereich I zugeordnet sind
- alle horizontalen Stäbe in Bauteilen, die im Gleitbauverfahren hergestellt werden.

Auch in Rahmenendknoten mit einlagiger Bewehrung des Riegels und einer Bewehrungsführung entsprechend Bild 4.15a können, bedingt durch die Begrenzung des Biegerollendurchmesser Bewehrungsgehalte $\mu = 2\%$ erreicht werden. Bei zweilagiger Bewehrungsführung entsprechend Bild 4.15b ergeben sich maximale Bewehrungsgehalte von $\mu \approx 1,3\%$, wohingegen bei einlagiger, schlaufenförmiger Bewehrung ähnlich wie bei Rahmenecken Bewehrungsgehalte von $\mu \leq 0,7\%$ ($d_{br} = 20 d_s$) bzw. $\mu \leq 0,9\%$ ($d_{br} = 15 d_s$) erzielt werden können (Bild 4.15c).

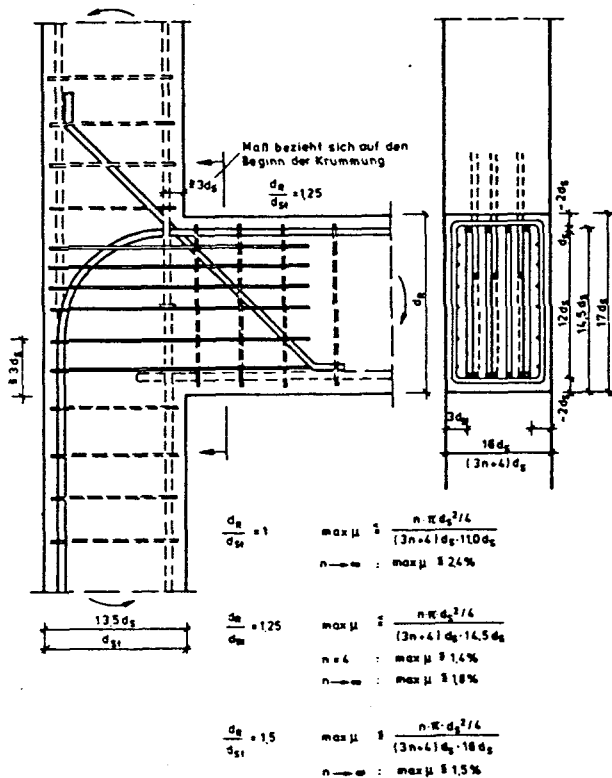


Bild 4.15a: Rahmenendknoten mit einlagiger Bewehrung des Riegels

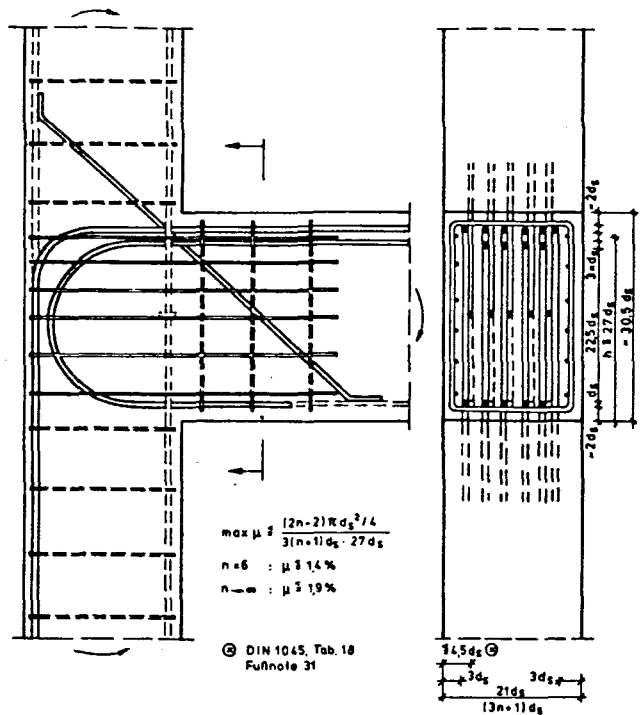


Bild 4.15b: Rahmenendknoten mit zweilagiger Bewehrung des Riegels

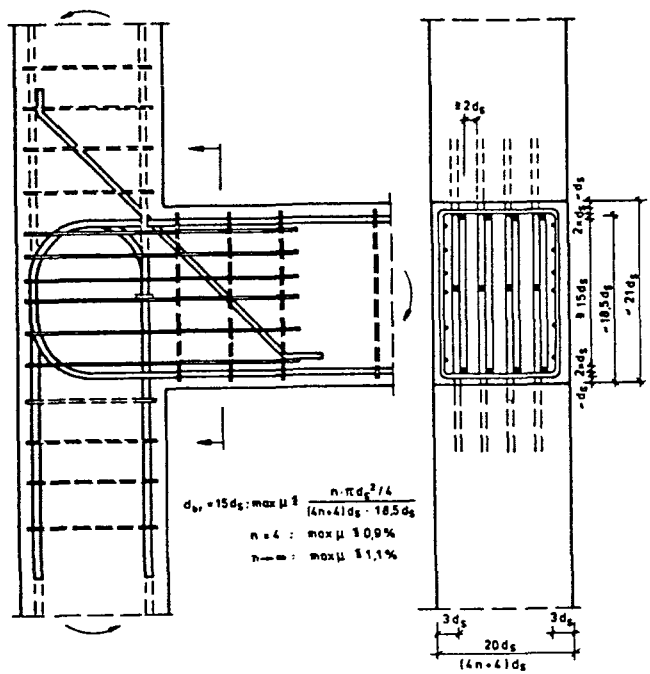


Bild 4.15c: Rahmenendknoten mit schlaufenförmiger Riegel- und Stielbewehrung

4.3.2 Räumliche Rahmenend- und Rahmeninnenknoten

Diese Rahmenknotenformen werden in der DIN 1045 sowie in der CEB-FIP Vorschrift nicht behandelt. Lediglich in Heft 354 des DAfStb sind einige Bemerkungen zur Bewehrungsführung von Rahmeninnenknoten beinhaltet, die nachträglich dargestellt sind. Danach liegen über die zweckmäßige Gestaltung der Bewehrung von Innenknoten in verschieblichen Rahmenskeletten bislang keine ausreichende Versuchserfahrungen vor. Da in den meisten Fällen jedoch die Belastung der Riegel links und rechts vom Knoten nicht allzu unterschiedlich zu sein pflegt, bleiben die in die Stiele überzuleitenden Momente aus Eigengewicht und Nutzlast klein. Dies gilt nicht für Windlast- und Verformungsmomente. Die Anordnung von Schrägbewehrungen entsprechend Bild 4.16 ist bei Rahmen mit hohen Wind- und Verformungsmomenten sowie bei erdbebengefährdeten Bauwerken angezeigt.

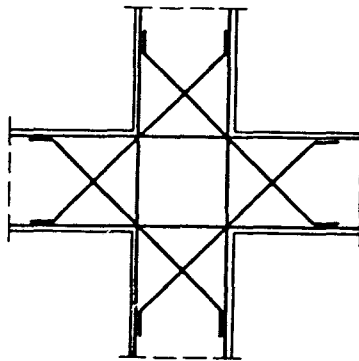
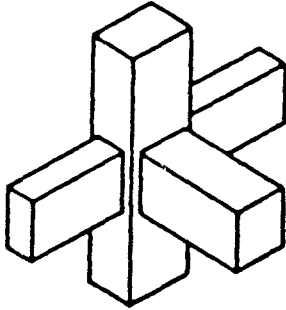


Bild 4.16: Beispiel einer Bewehrungsführung eines Rahmeninnenknotens in einem verschieblichen System

Im Gegensatz zu der Bemessungspraxis in der Bundesrepublik stellt diese Knotenart in den Vorschriften der USA /46/ den Allgemeinfall dar. Von hier aus können dort die Bemessungen der Rahmenendknoten sowie Rahmenecken abgeleitet werden.

In den Vorschlägen der ACI-ASCE Committee 352 werden sowohl räumliche Rahmenendknoten als auch Rahmeninnenknoten behandelt (siehe Bild 4.17).

a) Endknoten



b) Innenknoten

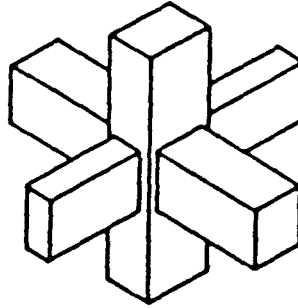


Bild 4.17: Typische Balken Stützenverbindung

a) infolge Vertikallast

b) infolge Horizontallast

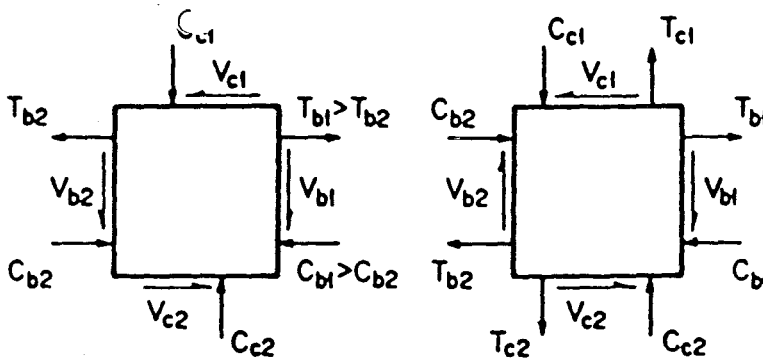


Bild 4.18: Kräfte in einem Rahmenknoten

Die Rahmenknoten sollen in der Lage sein alle auftretenden Kräfte aufzunehmen und in die anschließenden Bauteile weiterzuleiten. Bild 4.18 zeigt die Kräfte die in einem Rahmenknoten wirken können

Hierbei bedeuten:

- T = Zugkräfte
- C = Druckkräfte
- V = Querkräfte

Index b für Balken und c für Stütze

Nach den Vorschlägen des ACI-ASCE Committees 352 sind die Rahmenknoten für Querkräfte zu bemessen wobei folgende Gleichung einzuhalten ist.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (4.1)$$

wobei $\phi = 0,85$ und V_n die nominelle Schubfestigkeit des Knotens darstellt und sich zu

$$\begin{aligned} V_n &= \gamma \sqrt{f_c'} \text{ (psi)} b_j \cdot h \\ V_n &= 0,083 \gamma \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)} b_j \cdot h \end{aligned} \quad (4.2)$$

ermittelt, wobei b_j die effektive Knotenbreite und h die Dicke der Stütze in Richtung der betrachtenden Last darstellt. Bei Vorhandensein von zwei Balken in der Belastungsrichtung sollte b_b als das Mittel der beiden Balkenbreiten eingesetzt werden. Wenn die Balkenbreite b_b die Stützenweite b_c übertrifft sollte die effektive Knotenbreite mit b_c angenommen werden, wenn die Balkenbreite kleiner als die Stützenbreite ist sollte die effektive Knotenbreite wie folgt berechnet werden

$$b_j = (b_b + b_c)/2$$

Die Knotenkante γ ist in Bild 4.19 dargestellt und hängt von der Rahmenknotenklassifikation ab. Der Wert der Druckfestigkeit f_c' sollte 42 MPa nicht überschreiten.

Knotentyp	Knotenklassifikation		
	(a) Innenknoten	(b) Außenknoten	(c) Eckknoten
1	24	20	15
2	20	15	12

Bild 4.19: Werte von γ für verschiedene Rahmenknoten

Die dem Bild 4.19 zugrundegelegten Rahmenknotentypen sind in Bild 4.20 dargestellt.

Die normale Rechenoperationen zur Ermittlung des horizontalen Bemessungsschubs in einem Rahmenknoten sind in Bild 4.21 dargestellt. Die Rechenoperation zur Bestimmung der Knotenbreite für die Fälle bei denen die Balkenbreite kleiner als die Stützenbreite ist zeigt Bild 4.22.

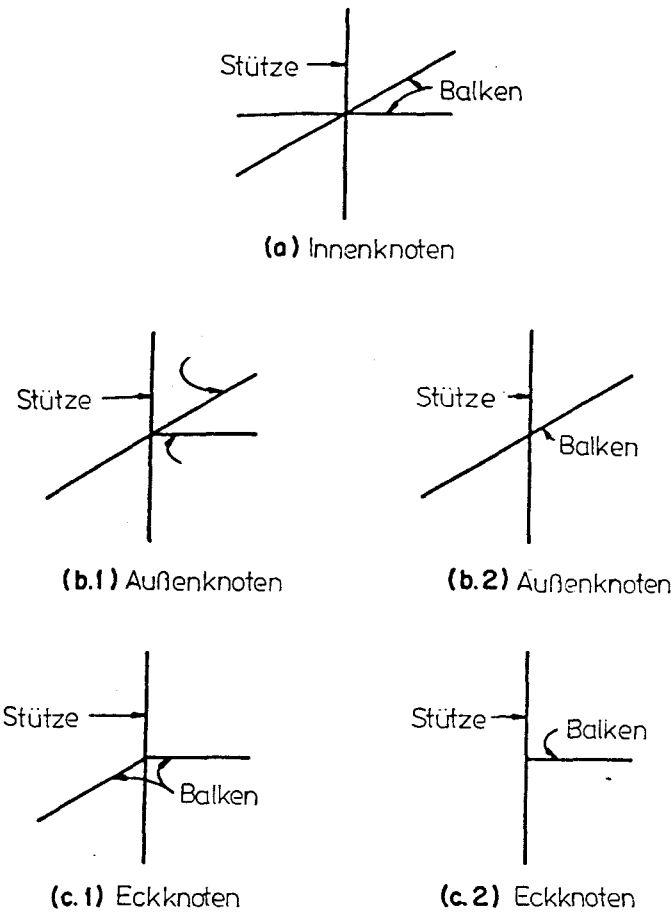


Bild 4.20: Klassifikation der Rahmenknoten

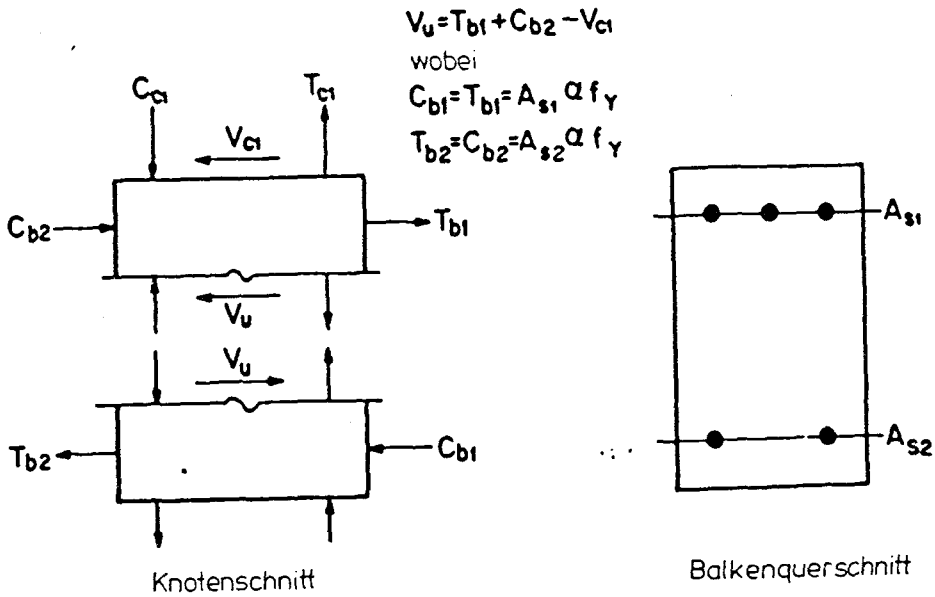


Bild 4.21: Ermittlung des Horizontalschubs im Rahmenknoten

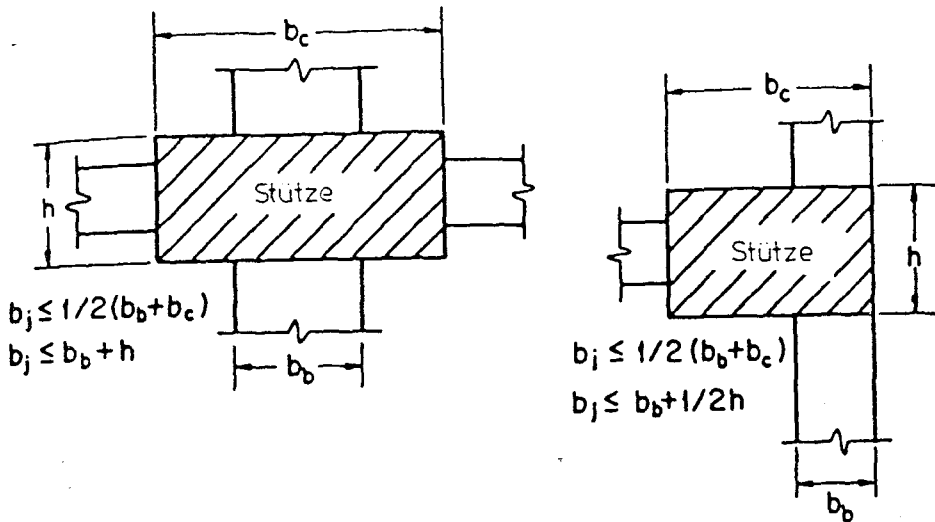


Bild 4.22: Bestimmung der effektiven Knotenbreite b_j

Bei der Bewehrungsführung ist nach den Vorschriften des ACI-ASCE Committees 352 folgendes zu beachten: Der Durchmesser der Bewehrungseinlagen sollte eine Größe von 35 mm nicht überschreiten. Die minimale Verankerungslänge l_{dn} der Zueinlagen, die in den folgenden Abschnitten beschrieben wird, sollte nicht kleiner sein als $3d_b$ oder 150 mm sein.

Die Verankerungslänge wird von dem kritischen Querschnitt gerechnet, der abhängig von dem Typ des Rahmenknoten ist (siehe Bild 4.15). Für Rahmenknoten des Typus 1 siehe Bild 4.15 ergibt sich die Verankerungslänge l_{dh} bei abgebogener Riegelbewehrung zu:

$$l_{dh} = \frac{f_y \text{ (psi)} d_b}{50 \sqrt{f_c'} \text{ (psi)}}$$

$$l_{dh} = \frac{f_y \text{ (MPa)} d_b}{4.2 \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}}$$

Falls eine größere Menge an Zugbewehrung als die rechnerisch notwendige eingelegt ist, darf l_{dn} im Verhältnis $A_{snotw}/A_{seinge1}$ abgemindert werden. Für Rahmenknoten des Typus 2 ergibt sich die Verankerungslänge l_{dh} bei abgebogener Riegelbewehrung zu:

$$l_{dh} = \frac{\alpha f_y \text{ (psi)} d_b}{75 \sqrt{f_c'} \text{ (psi)}}$$

$$l_{dh} = \frac{\alpha f_y \text{ (MPa)} d_b}{6.2 \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}}$$

Bei nicht abgebogener Riegelbewehrung ergibt sich die Verankerungslänge bei Rahmenknoten des Typus 1

$$l_d = \frac{f_y \text{ (psi)} A_b}{25 \sqrt{f_c'} \text{ (psi)}}$$

$$l_d = \frac{f_y \text{ (MPa)} A_b \text{ (mm}^2\text{)}}{52,7 \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}}$$

aber nicht kleiner als $0,058 d_b$ (mm). f_y (MPa). Ist die eingelegte Zugbewehrungsmenge größer als die rechnerisch notwendige darf l_d mit dem Verhältnis $A_{snotw}/A_{seinge1}$ vermindert werden.

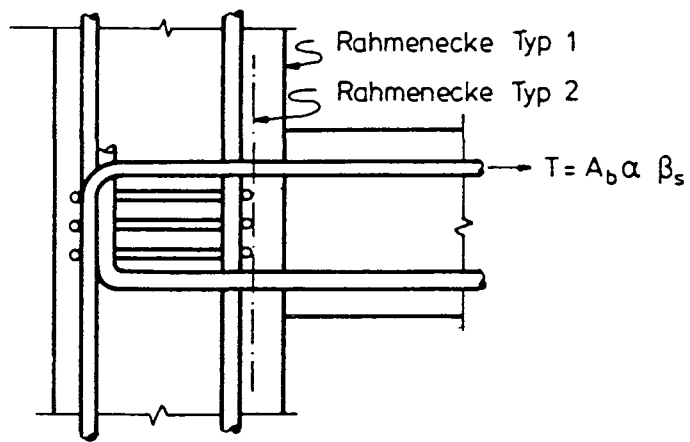


Bild 4.23: Kritischer Querschnitt zur Bestimmung der Bewehrungsführung

5. Analyse des Verformungsverhaltens

5.1 Allgemeines

Die Analyse des Verformungsverhaltens besitzt vor allem zur Bestimmung der Schnittgrößenverteilung von statisch unbestimmten Tragwerken große Bedeutung. Hier spielt nicht nur die Steifigkeitsverteilung entlang des Tragwerkes eine Rolle, sondern auch die Möglichkeit, ob an einer oder mehreren Stellen plastische oder zumindest örtlich große Verformungen entstehen können, wodurch bei Erreichen der Querschnitttragfähigkeiten eine Umlagerung der Schnittgrößen auf noch nicht ausgenutzte Nachbarbereiche erfolgen kann. Die Ausnützung dieser Tragreserven ist nur möglich, wenn das Verformungsverhalten im plastischen Bereich und vor allem die Verformungsgrenzen bekannt sind.

Wird im Bereich eines Extremalwertes der Momentenfläche die Fließgrenze in der Zuggurtbewehrung erreicht, nimmt die Krümmung bei steigender Last dort örtlich über eine begrenzte Länge bei fast gleichbleibenden M rasch zu. Es bildet sich ein plastisches Gelenk. Je nach Bewehrungsgrad erreicht diese örtliche plastische Krümmungszunahme χ_{pl} (siehe Bild 5.1) den 2-3fachen Wert der zur Fließgrenze gehörenden elastischen Krümmung χ_{el} . Diese plastische Krümmung erstreckt sich über eine bestimmte Länge l_{pl} , die plastizierte Länge. Bei der rechnerischen Behandlung des Problems benutzt man oft die Länge l_{pl} , die so definiert ist, daß $l_{pl} \cdot \chi_{pl}$ flächengleich dem Integral der plastischen Krümmung über die Länge l_{pl} ist (schraffierte Fläche). Die plastische Krümmung ergibt einen Knick in der Biegelinie, die sogenannte Gelenkrotation mit dem Rotationswinkel Θ .

$$\Theta_{pl} = \chi_{pl} \cdot l_{pl} \quad (5.1)$$

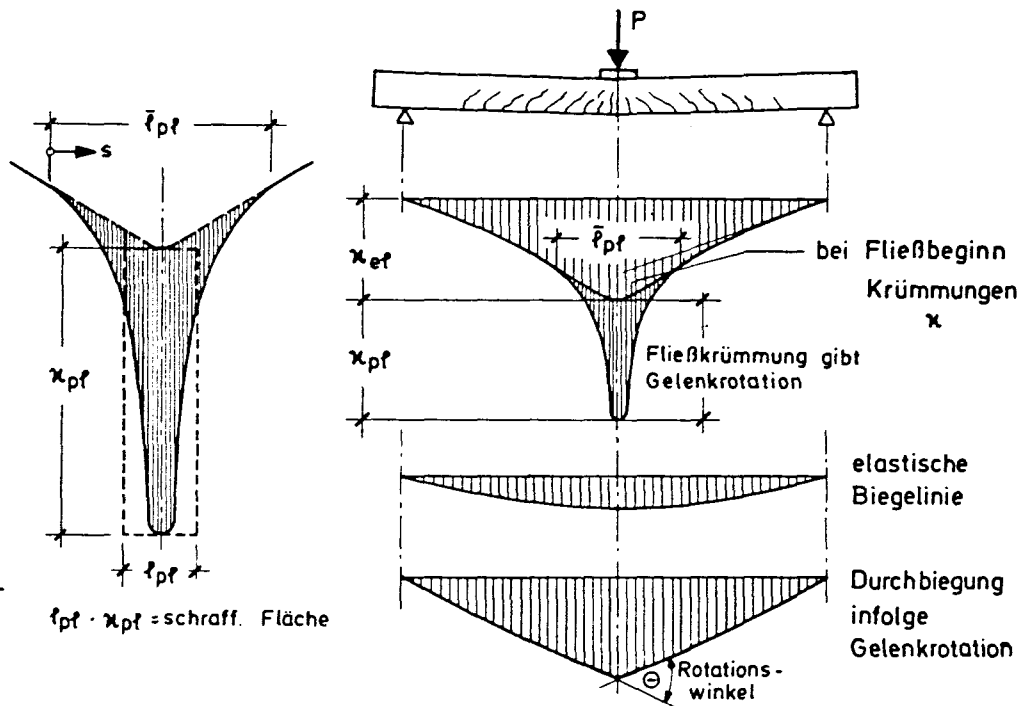


Bild 5.1: Bildung eines plastischen Gelenkes bei einem mit mittiger Einzelzellast beanspruchten Einfeldbalken

Die Größe der Gelenkrotation Θ hängt von zahlreichen Einflußparametern ab; im wesentlichen sind dies nach dem bisherigen Kenntnisstand

- mechanische Eigenschaften der Baustoffe Beton und Bewehrungsstahl,
- Druck- und Zugbewehrungsgrad,
- Größe und Anordnung der Schubbewehrung, Verbügelung der Druckzone,
- Größe der gleichzeitig wirkenden Längs- und Querkkräfte,
- Entwicklung und Verteilung der Risse,
- Anordnung der Lasten und Art ihrer Einleitung,
- Zeiteinflüsse.

In einigen Veröffentlichungen hat man versucht, einfache Gesetzmäßigkeiten für die Größe der plastischen Gelenkrotation zu entwickeln. So ist auch in der CEB-FIP-Mustervorschrift /3/ ein Diagramm enthalten (Bild 5.2), welches die plastische Rotation als Funktion der auf die Nutzhöhe h bezogenen Druckzonenhöhe x darstellt. Hierbei ist z.B. der günstige Einfluß einer Verbügelung der Druckzone oder der Duktilität der Bewehrungselemente nicht enthalten.

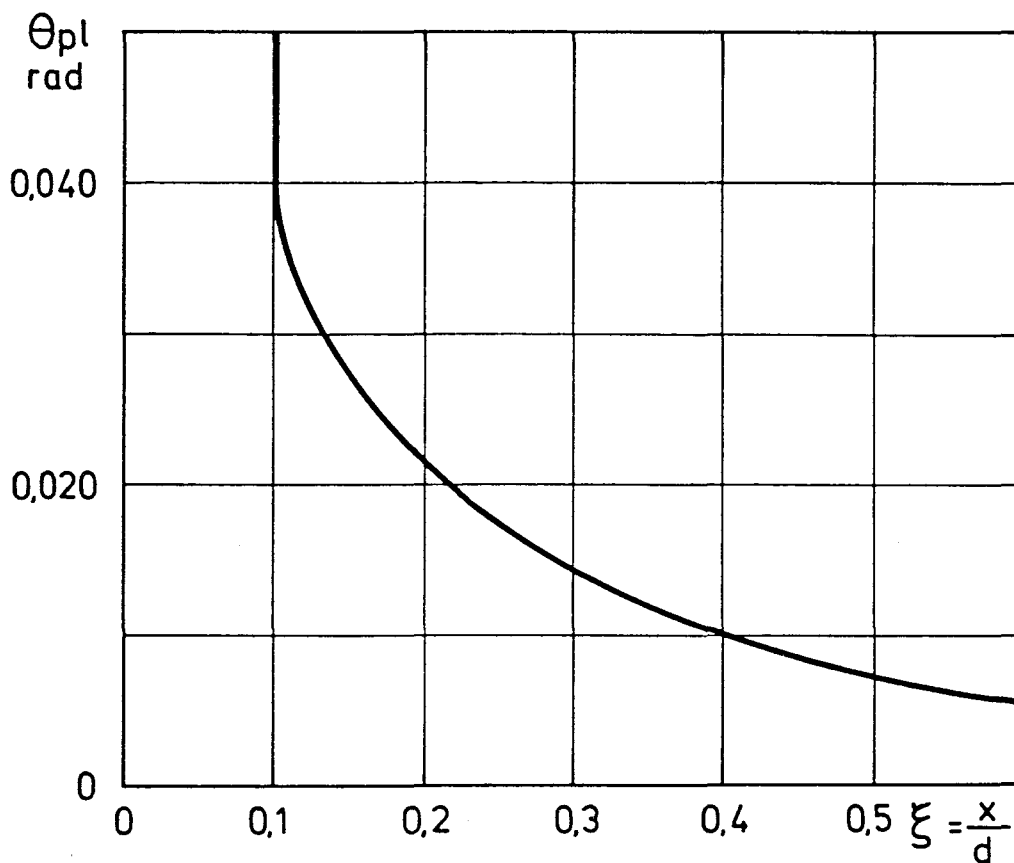


Bild 5.2: Plastische Rotation in Abhängigkeit von der Druckzonenhöhe nach der CEB-FIP-Mustervorschrift

Im inzwischen erstellten Schlußentwurf des EC2 /55/ sind einige zusätzliche Forschungsergebnisse eingeflossen. Neben der Abhängigkeit vom Verhältnis x/h wird auch noch das Verformungsverhalten der Stähle bei der Bestimmung der möglichen plastischen Rotation berücksichtigt.

Dabei unterscheidet man zwischen Stählen mit hohem und normalem duktilen Verhalten. Die Einteilung in diese beiden Stahlarten erfolgt dabei nach folgenden Kriterien:

Hohe Duktilität (Stahl A): $\epsilon_{uk} > 5,0 \%$, $\beta_u/\beta_s > 1,08$

Niedrige Duktilität (Stahl B): $\epsilon_{uk} > 2,5 \%$, $\beta_u/\beta_s > 1,03$

Hierbei stellt ϵ_{uk} die der Bruchspannung β_u entsprechende Dehnung dar.

Im Bild 5.3 sind die nach EC2 /55/ erlaubten plastischen Rotationen eingetragen. Im Gegensatz zu den Angaben der CEB/FIP-Mustervorschrift wird ein Anstieg der plastischen Rotation im schwach bewehrten Bereich eingeschränkt.

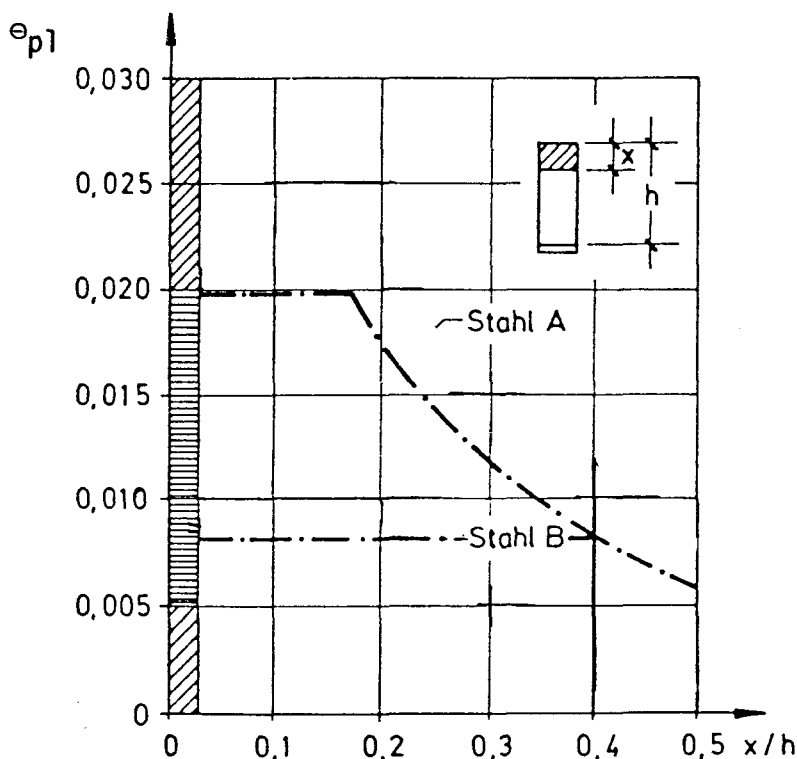


Bild 5.3: Plastische Rotation nach EC2 /55/

Auf Rahmenecken- und knoten ist die Übertragung der an Balkentragwerken gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres möglich. Dies hängt damit zusammen, daß in der Rahmenecke ein zweiachsiger Spannungszustand vorhanden ist, der sich nicht so einfach beschreiben läßt. Da jedoch nach Definition die plastische Krümmung einen Knick in der Biegelinie eines Balkentragwerkes liefert, kann man in Analogie dazu bei Rahmenecken den Rotationswinkel ϑ_{pl} als denjenigen bezeichnen, der eine Abweichung des Knotenverdrehwinkels von der Rechtwinkligkeit darstellt (siehe Bild 2.11).

5.2 Rahmenecken

Wie schon in Abschnitt 2 erwähnt, haben Stroband/Kolpa /25/ das Verformungsverhalten von Rahmenecken mit negativem Moment sowohl hinsichtlich des Rotationsvermögens als auch des Tragverhaltens ausführlich untersucht. Nachfolgend wird zunächst ihre Analyse der Versuchsergebnisse hinsichtlich des Verformungsverhaltens dargestellt und darauf aufbauend der Versuch einer Verallgemeinerung unternommen.

Das Verformungsvermögen der Rahmenecken kann nach Stroband/Kolpa /25/ (siehe auch Bild 2.31) annähernd als Funktion der Länge des horizontalen Astes der Lastverformungskurve bestimmt werden (siehe Bild 5.4).

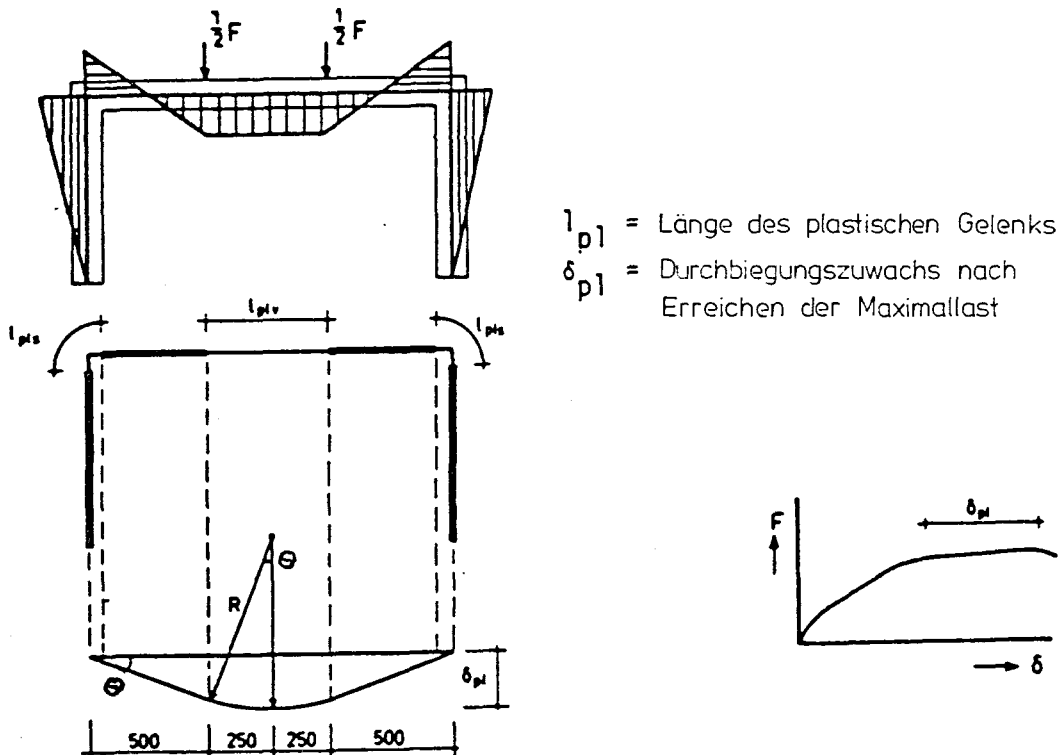


Bild 5.4: Plastische Verformung der Prüfkörper von Stroband/Kolpa /25/

Nach Erreichen der Maximallast bildet sich an jeder Ecke des Portalrahmens ein plastisches Gelenk aus. Besitzt die Rotationskapazität den Wert Θ_{pu} dann beträgt der gesamte plastische Rotationswinkel an den eingespannten Enden des Balkens $\Theta = 2 \cdot \Theta_{pu}$. Unter der Annahme, daß eine konstante plastische Krümmung in diesen Bereichen vorhanden ist und dem Fließmoment entspricht ergibt sich die Zunahme der Verformung zu:

$$\delta_{pl} = 500 \cdot \tan \Theta + \frac{250}{\sin \Theta} (1 - \cos \Theta) \approx 625 \cdot \Theta$$

Die Rotationskapazität beträgt dann

$$\Theta_{pu} = \frac{1}{2} \Theta = 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot \delta_{pl} \text{ rad.}$$

Der mittlere Verformungszuwachs im plastischen Zustand der Prüfkörper mit einer Betongüte $\beta_w = 26 \text{ N/mm}^2$ und Zusatzbewehrung beträgt 7 mm (siehe Bild 2.33). Der maximale Rotationswinkel Θ_{pu} beträgt danach 6×10^{-3} rad. Dieser Wert stimmt auch sehr gut mit den experimentell ermittelten Abweichungen φ von der Rechtwinkligkeit der Rahmenecken überein, deren Meßwerte im Gebrauchszustand in Bild 2.30 und derjenige im Bruchzustand in Bild 5.5 dargestellt sind. Dies bedeutet, daß φ gleich Θ_{pl} gesetzt werden kann. Bild 5.5 zeigt, daß die Rotationsfähigkeit im Bruchzustand von der Betongüte und der Zusatzbewehrung beeinflußt wird.

Die Rotationsfähigkeit einer Rahmenecke mit horizontalen und vertikalen Steckbügeln ist nach den o.a. Überlegungen nur halb so groß wie diejenige eines Durchlaufträgers mit gleichen Querschnittsabmessungen und der gleichen Bewehrungsmenge.

Die Versuchskörper von Stroband/Kolpa waren nun derart konzipiert und belastet (siehe Bild 5.6) daß nach elastizitätstheoretischer Berechnung das Feldmoment M_F betragsmäßig gleich dem Eckmoment M_E waren. Ein Teil der Portalrahmen wurde nach dieser Momentenverteilung bemessen und besaß im Feld und im Eckbereich eine Biegebewehrung von $2 \varnothing 6$. Der Rest der Versuchskörper war im Feld mit einer Bewehrung von $4 \varnothing 6$ und im Eckbereich unverändert mit $2 \varnothing 6$ bewehrt.

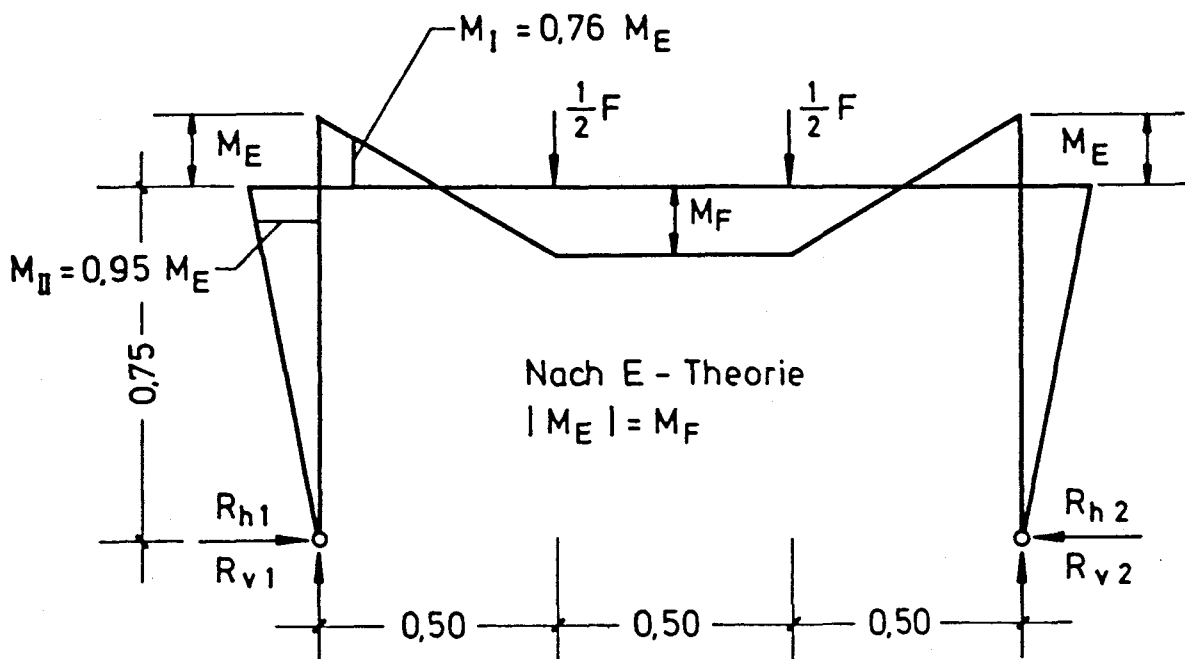


Bild 5.6: Momentenverteilung der Versuchsbalken von Stroband/Kolpa

Dadurch, daß während des Belastungsablaufes auch die horizontalen Reaktionskräfte gemessen wurden, ist eine direkte Aussage über die Veränderung der Momentenverteilung infolge Steifigkeitsänderung bzw. Gelenkbildung möglich.

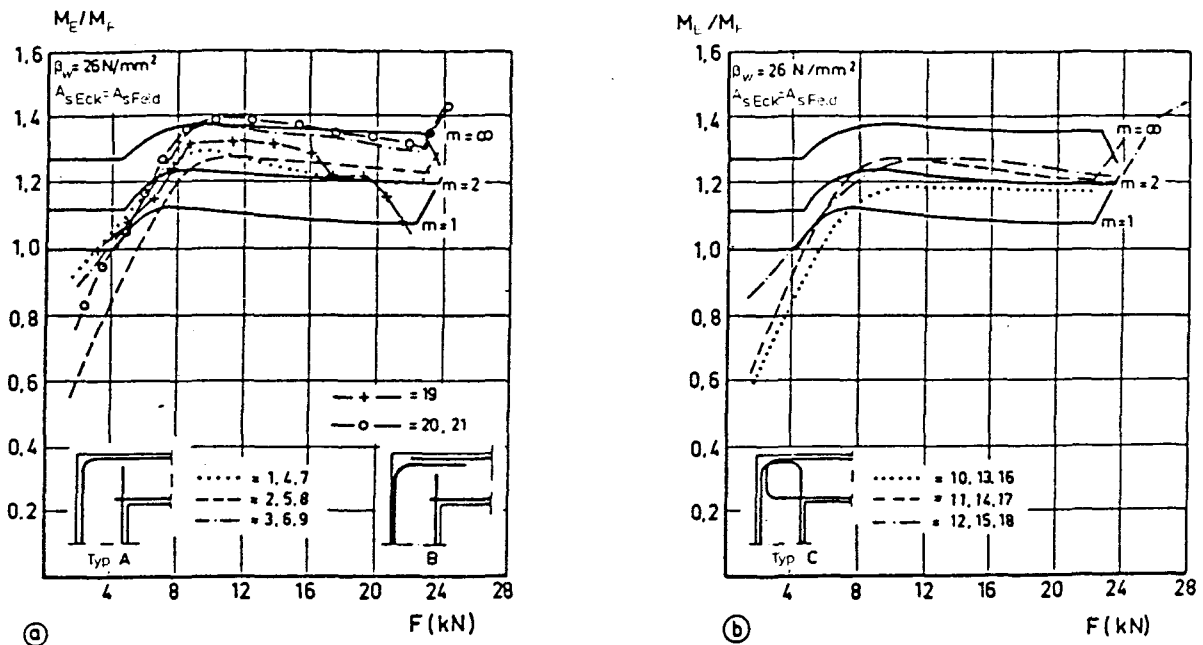


Bild 5.7: Momentenverteilung der Versuchsbalken von Stroband/Kolpa in Abhängigkeit von dem Belastungsgrad (Versuchskörper mit gleicher Feld- und Eckbewehrung)

Im Bild 5.7 ist das experimentell ermittelte Verhältnis des Eck- zum Feldmoments der Rahmen mit gleicher Feld- und Eckbewehrung dargestellt. Bei geringer Belastung ist das Verhältnis kleiner als eins. Dies ist auf die Reibung der Lagerkonstruktion sowie auf Meßungnaugigkeiten zurückzuführen. Bei höherer Belastung spielen diese Einflüsse nur noch eine untergeordnete Rolle. Allgemein ist folgendes Verhalten festzustellen: Nach der Rißbildung vermindert sich die Biegesteifigkeit im Riegel drastisch. Dies führt zu einer Steigerung des Verhältnisses M_E/M_F um 30 % gegenüber dem E-theoretischen Verhältnis. Danach vermindert sich durch Rißbildung im Eckbereich dieses Verhältnis leicht. Im Bruchstadium erfolgt eine merkliche Zunahme der Eckmomentengröße bedingt durch die Bildung eines Fließgelenkes im Rahmenriegel. Die Versuchskörper versagen bei Erreichen der Tragfähigkeit der Rahmenecke. In der Rahmenecke ist trotz gleicher Bewehrungsführung die Aufnahme eines betragsmäßig größeren Momentes M_E als das Feldmoment M_F möglich, da für die Tragfähigkeit die Größe des Riegelanschnittsmoment M_T eine Rolle spielt, das den gegebenen geometrischen Verhältnissen nur $0,76 \cdot M_E$ beträgt (siehe Bild 5.6).

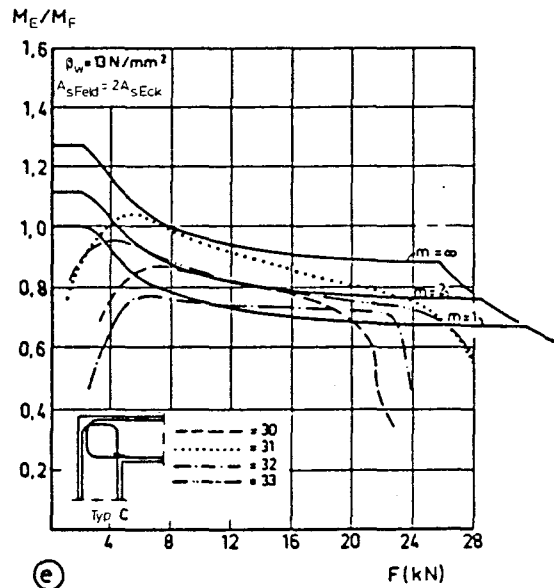
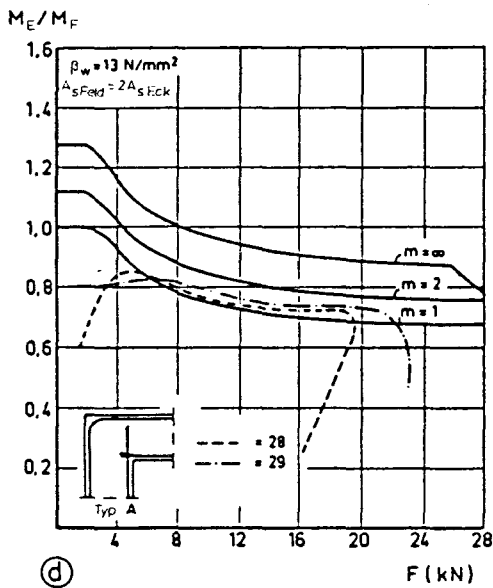
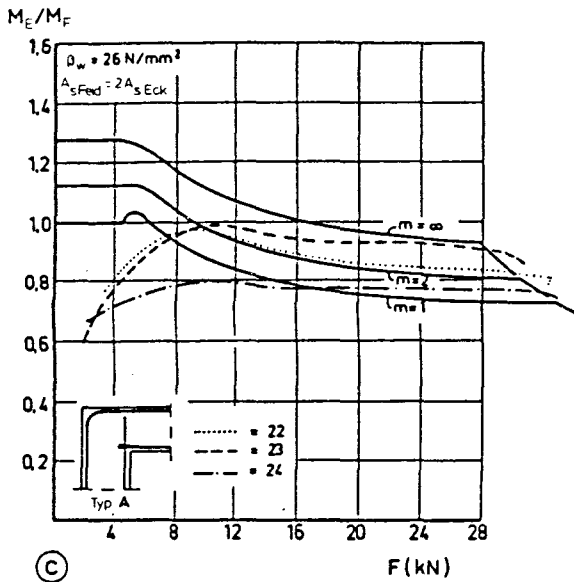


Bild 5.8: Momentenverteilung der Versuchsbalken von Stroband/Kolpa in Abhängigkeit von dem Belastungsgrad ($A_{s \text{ Feld}} = 2 \cdot A_{s \text{ Eck}}$)

Bei den Versuchskörpern mit doppelter Feldbewehrung ($4 \varnothing 6 \text{ mm}$) ist ein, gegenüber den Portalrahmen mit einfacher Feldbewehrung ($2 \varnothing 6 \text{ mm}$) unterschiedliches Verhalten festzustellen. Dies ist auf die größere Biegesteifigkeit des Feldbereiches im gerissenen Stadium zurückzuführen. Nach der Ribbildung in der Ecke oder im Eckbereich nimmt das Verhältnis M_E/M_F ab. Diese Abnahme steigert sich mit weiterer Ribbildung bis zum Erreichen des Fließmoments im Eckbereich. Danach bildet sich ein Fließgelenk im Eckbereich aus und die Verformungsfähigkeit dieses Gelenkes bestimmt den anschließenden Momentenabbau.

Das Bild 5.8 zeigt dabei folgendes. Die Versuchskörper mit $\beta_w = 26 \text{ N/mm}^2$ erreichen fast ausnahmslos eine Traglast von $F = 30 \text{ kN}$. Der Eckmomentenabbau beträgt im Fließzustand etwa 20 %. Dies zeigt eine gegenüber den Balkentragwerken verminderte Rotationsfähigkeit der Rahmenecke auf und bestätigt die vorhergehenden Überlegungen. Die Versuchskörper mit geringer Betongüte ($\beta_w = 13 \text{ N/mm}^2$) und einer Bewehrungsführung des Types A erreichen nur eine Traglast von etwa 20 kN. Hier wird das Versagen des Rahmens vor Erreichen des Feldfließmomentes durch Zerstörung der Druckstrebe der Rahmenecke eingeleitet. Der Rotationswinkel im Bruchzustand beträgt dabei 3,8 bzw. 5,8 % rad. und liegt damit wesentlich unter dem Durchschnittswert von 7,0. Durch Anordnung einer schlaufenförmigen Bewehrungsführung in der Rahmenecke kann zwar die Traglast etwas heraufgesetzt werden, der Bruch zeigt sich jedoch weiterhin von spröder Natur. Erst bei zusätzlicher Anordnung von horizontalen Steckbügeln kann die Tragfähigkeit gesteigert und ein annähernd duktiler Verhalten erzeugt werden. Im Bruchzustand kommt es zu einer Umverteilung der Momente, doch war die Verformungskapazität der Rahmenecke nicht ausreichend um vollständiges plastisches Versagen zustande zu bringen.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich, daß die Rotationsfähigkeit von Rahmenecken mit negativer Momentenbeanspruchung deutlich geringer als vergleichbare Bereiche von Balkentragwerken sind. Bei statisch unbestimmten Rahmentragwerken ist deshalb eine Umverteilung der Momente, genügende Lastkapazität vorausgesetzt, in Richtung Vergrößerung des Verhältnisses M_E/M_F verhältnismäßig einfach zu erreichen. Der umgekehrte Weg scheitert jedoch oft an der mangelnden Rotationsfähigkeit der Rahmenecken und ist vor allem bei höheren mechanischen Bewehrungsgraden nur durch Anordnung von Zusatzbewehrung möglich.

Versuche an statisch unbestimmten Rahmentragwerken mit Rahmenecken unter positiver Momentenbeanspruchung liegen m. W. nicht vor. Hier kann jedoch aus den gemessenen Winkeländerungen der Versuche an Ecken von Stroband/Kolpa /21/ auf die Rotationsfähigkeit geschlossen werden. Die Winkelveränderungen dieser statisch bestimmt gelagerten Versuchskörper sind für Gebrauchslastbeanspruchung in Bild 2.11 und für den Bruchzustand in Bild 5.9 dargestellt.

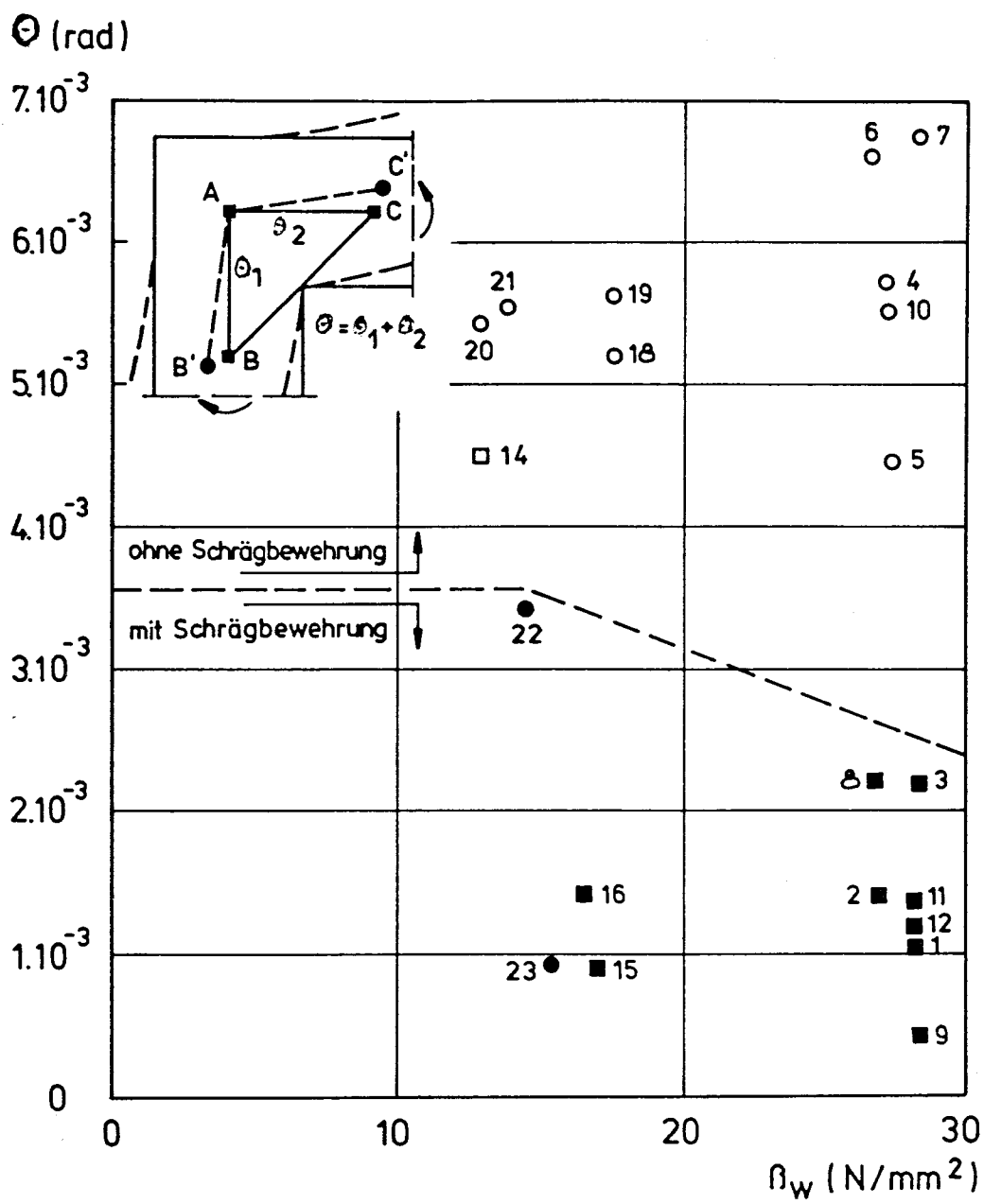


Bild 5.9: Gemessene Winkeländerungen der positiven Rahmenecken von Stroband/Kolpa im Bruchzustand

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, daß die Rotationsfähigkeit von Rahmenecken mit positiver Momentenbeanspruchung wesentlich von der Anordnung einer Schrägbewehrung abhängen. Rahmenecken mit Schrägbewehrung besitzen fast keine Rotationsfähigkeit. Wie Bild 5.9 zeigt, beträgt diese im Bruchzustand nur rd. $1,5 \text{ }^{\circ}/\text{oo rad}$. Demgegenüber liegt diejenige von Rahmenecken ohne Schrägbewehrung im Mittel bei $6 \text{ }^{\circ}/\text{oo rad}$. Dieser Wert ist etwa 25 % geringer als derjenige von Rahmenecken mit negativer Momentenbeanspruchung und zeigt ein wesentlich spröderes Verhalten dieses Rahmeneckentypes an. Dies bedeutet, daß die Möglichkeiten zur Momentenumverteilung von der Rahmenecke zum Feldmoment hin bei statisch unbestimmten Rahmentragwerken verhältnismäßig gering sind.

Die Versuche zeigen außerdem, daß die Anordnung von Schrägbewehrung nur bei statisch bestimmt gelagerten Rahmenecken uneingeschränkt zu empfehlen ist. Bei statisch unbestimmten Trgwerken ist die Einschränkung der Verformungsfähigkeit durch diese Zusatzbewehrung zu beachten.

5.3 Rahmenknoten

Bei Rahmenknoten liegen fast keine gezielten Untersuchungen über deren Rotationsvermögen vor. Zu erwähnen sind die Versuche von Ernst /54/ an Rahmeninnenknoten. Hierbei wurden 33 Rahmeninnenknoten untersucht. Dabei ergab sich, daß die plastische Rotationsfähigkeit sehr stark vom Bewehrungsgrad und der Stützennormalkraft abhängt. Bis zu einem Bewehrungsgrad von 1 % liegt ausreichende Rotationsfähigkeit vor. Diese sinkt jedoch von diesem Zeitpunkt an rasch ab und ist bei Riegeln mit einem Bewehrungsgrad von 5 % und großer Stützennormalkraft vernachlässigbar klein.

6. Dynamische Beanspruchung

Rahmenknoten müssen bei starkem Erdbeben, die zu Plastifizierungen in den Riegeln und Stielen von Skelettbauteilen führen, zwischen den anschließenden Bauteilen vielfach große Kräfte über hohe örtliche Beanspruchungen übertragen. Da ihrem Verhalten unter solchen Beanspruchungen eine Schlüsselrolle für die Erdbebensicherung des ganzen Bauwerks zukommt, war es Gegenstand zahlreicher experimenteller Untersuchungen vor allem in den USA. Es wird anschließend nur ein kurzer Überblick über diese Forschungsergebnisse gegeben, da eine ausführliche Darstellung den Umfang dieses Berichtes sprengen würde. Die Untersuchungen, die überwiegend an Rahmenend- und Rahmeninnenknoten vorgenommen wurden, zeigen folgendes Ergebnis: Die zyklische Belastung bewirkt eine zunehmende Zerstörung des Verbundes im randnahen Bereich. Dadurch entzieht sich der Beton immer mehr der Aufnahme der Knotenquerkräfte und die Notwendigkeit, Knoten-Schubbewehrung einzulegen steigt.

Die infolge der zyklischen Beanspruchung im nichtlinearen Bereich eintretende Konzentration der Kraftübertragung auf eine kurze Verbundlänge hat vielfach im Versuch zum Verbundversagen geführt. Um das zu vermeiden wurde die Verwendung verhältnismäßig dünner Bewehrungsstäbe empfohlen, deren Durchmesser $1/35 - 1/25$ der Stielbreite nicht überschreiten sollte. Allerdings kann die Einhaltung dieser Empfehlung, zusammen mit der notwendigen Knoten-Schubbewehrung zu einer Anhäufung von Bewehrung im Knotenbereich führen, die das Einbringen des Betons beeinträchtigt.

7. Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht stellt den ersten bzw. theoretischen Teil einer Untersuchung über das Trag- und Verformungsverhalten von Rahmenecken und -knoten dar.

Hier wurden zuerst die durchgeführten experimentellen Untersuchungen systematisch ausgewertet und die Einflußparameter auf das Trag- und Verformungsverhalten dargestellt.

Es zeigte sich, daß vor allem bei hochbewehrten Rahmenecken unter positiver Momentenbeanspruchung starke Tragfähigkeitseinbußen zu verzeichnen waren. Die Ursache liegt in der begrenzten Tragfähigkeit der Druckstrebe in der Rahmenecke begründet.

Neben der Auswertung der experimentellen Untersuchungen wurden auch begleitende Rechnungen mit Hilfe der FEM-Methode unternommen. Unter Verwendung von realistischen Materialkennwerten konnten durch diese theoretischen Arbeiten die Versuchsergebnisse im wesentlichen bestätigt werden.

Im 3. Schritt wurden die einschlägigen Vorschriften über die Bewehrungsführung in Rahmenecken und -knoten bzw. die Bemessungshilfen einer eingehenden Sichtung und Wertung unterworfen. Hier zeigte sich eine Uneinheitlichkeit zwischen den Bemessungen und den Konstruktionshilfen, deren theoretischer Hintergrund oft nicht offenbar wird. Mangelhaft sind auch Angaben über mögliche Momentenumverteilung in statisch unbestimmten Systemen unter Einbeziehung des Verformungsverhaltens von Rahmenecken und -knoten.

Aufgrund der vorangegangenen Analysen werden in einem 4. Schritt auf der Grundlage der Stabwerkstheorie Modelle entwickelt, nach denen für die verschiedenen Rahmeneck- bzw. -knotenformen in Abhängigkeit von der Bewehrungsführung Traglastermittlungen durchgeführt werden können. Diese Modelle eignen sich ebenfalls für die Ermittlung des Verformungsverhaltens dieser Konstruktionselemente. Eine praktische Überprüfung dieser Modelle an statisch unbestimmten Rahmenelementen erscheint jedoch dringend erforderlich. Diese Überlegungen sind in dem Zwischenbericht jedoch noch nicht enthalten. Nach Überprüfung der Modelle durch das Experiment wird dieser Teil im gemeinsamen Schlußbericht enthalten sein. Dies gilt vor allem für die Überprüfung der Gebrauchsfähigkeit von Rahmensystemen, deren Schnittgrößenverteilung und Traglast nach diesen Modellen entwickelt wurde. Ein Versuchsplan liegt dem Fortsetzungsantrag dieser Untersuchungen bei.

8. Literatur

- / 1/ Baker, A.L.; Amarakane, B.
Inelastic hyperstatical frames - Analysis and application of the international correlates tests - CEB-Bulletin No. 52 (1965), S. 1-93
- / 2/ Siviero, E.
Rotation capacity of monodimensional Members in Structural Concrete Ceb-Bulletin No. 105 (1976), S. 206-222
- / 3/ CEB-FIP-Mustervorschrift für Tragwerke aus Stahlbeton und Spannbeton, 3. Ausgabe 1978
- / 4/ Nilsson, I.H.E.
Reinforced Concrete Corners and Joints Subjected to Bending Moment National Swedish Building Research Dokument D7, 1973
- / 5/ Kordina, K.; Wiedemann, G.
Untersuchungen über die Bewehrungsführung in geknickten Treppenlaufplatten
Forschungsbericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, Oktober 1976
- / 6/ Kordina, K.; Schaaf, E.
Tragverhalten von Rahmenknoten bei herabgesetzter Verankerungslänge der Anschlußbewehrung unter Berücksichtigung der Bewehrungsführung
Forschungsbericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, 1979
- / 7/ Kordina, K.; Wiedemann, G.
Bewehrungsführung in Rahmenecken
Forschungsbericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, April 1978
- / 8/ Kordina, K.
Bewehrungsführung in Ecken und Rahmenendknoten Heft 354 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, 1984

- / 9/ Kordina, K.; Schaaf, E.; Westphal, T.
Empfehlungen für die Bewehrungsführung in Rahmenecken und -knoten
Heft 373 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, 1986

- /10/ Bathe, K.J.
ADINA: A Finite Element Program for Automatic Dynamic Incremental
Nonlinear Analysis
Massachusetts Institute of Technology, Report Nr.824481, Massa-
chusetts, 1976

- /11/ Schmidt-Gönner, G.
Nichtlineare dreidimensionale Finite Element Analyse von Stahlbeton
trägern unter Torsion, Biegung und Querkraft
Dissertation, TH Darmstadt, 1984

- /12/ Keuser, H.; Kornelius, K.; Mehlhorn, G.
Bond between prestressed Steel and Concrete -Computer
Analysis using ADINA-, published in Computers and Structures, 1983

- /13/ Balint, P.S.; Taylor, H.P.J.
Reinforcement Detailing of Frame Corner Joints with Particular Refe
rence to Opening Corners
Technical Report 42.462, Cement and Concrete Association, Februar
1972

- /14/ Kordina, K.; Fuchs, G.
Untersuchungen zur Anwendung von hakenförmigen Übergreifungsstößen
in Rahmenecken
Unveröffentlichter Versuchsbericht aus dem Institut für Baustoff-
kunde und Stahlbetonbau der TU Braunschweig, Januar 1970

- /15/ van Dijk, H.A.; Nelissen, L.J.M.; van Stekelenburg, P.J.
Het gedrag van kolom - balkenverbindingen in gewapend beton
Rapport S-76-02 Stevin-Laboratorium Delft, 1976

- /16/ Walther, R.; Dieterle, H.
Versuche zur Bewehrung biegesteifer Rahmenecken,
Versuchsbericht des Otto-Graf-Instituts, Stuttgart, April 1968

- /17/ Swann, R.A.
Flexural Strength of Corners of Reinforced concrete Portal Frames
Technical Report, Cement and Concrete Association, November 1969
- /18/ Mayfield, B.; Kong, F.K.; Bennison, A.; Davis, J.C.D.T.
Corner Joint Details in Structural Lightweight Concrete
ACI Journal, Mai 1971
- /19/ Noor, F.A.
Ultimate Strength and Cracking of Wall Corners
Concrete, Juli 1977, S.31-35
- /20/ Skettrup, E.; Strabo, J.; Andersen, N.H.; Brondum-Nielsen, T.
Concrete Frame Corners
ACI Journal, November-Dezember 1984, S. 587-593
- /21/ Stroband, J.; Kolpa, J.J.
The Behaviour of Reinforced Concrete Column-Beam Joints. Part 2:
Corner Joints subjected to Positive Moments
Report 6-81-5, Department of Civil Engineering, Delft, University of
Technology, April 1981
- /22/ Domingues, L.C.
Verificacao da Eficiencia de Armaduras de Cantos
Dissertation, Estado da Guanbura, Rio de Janeiro, Brasilien, Juni
1974
- /23/ Rehm, G.; Stocker, M.
Versuchsbericht über die Belastung von Probekörpern für Silozel-
lenecken
Bericht Nr. 1595, MPA München, April 1964
- /24/ Mayfield, B.; Kong, F.K.; Bennison, A.
Strength and Stiffness of Lightweight Concrete Corners
ACI Journal, Juli 1972, S.420-427

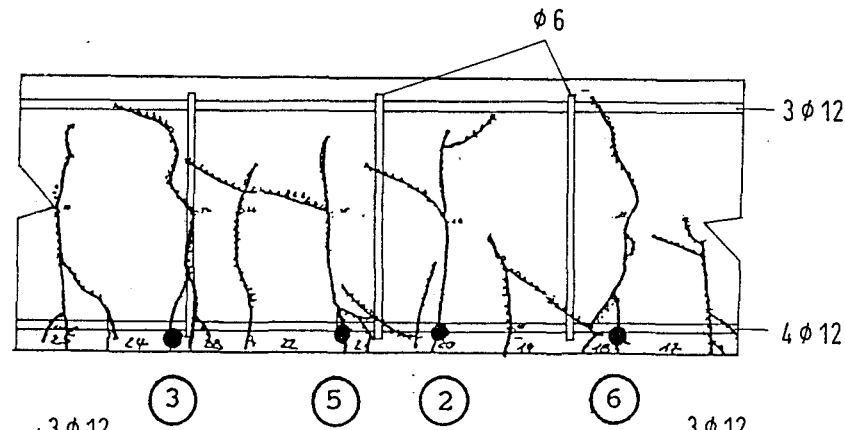
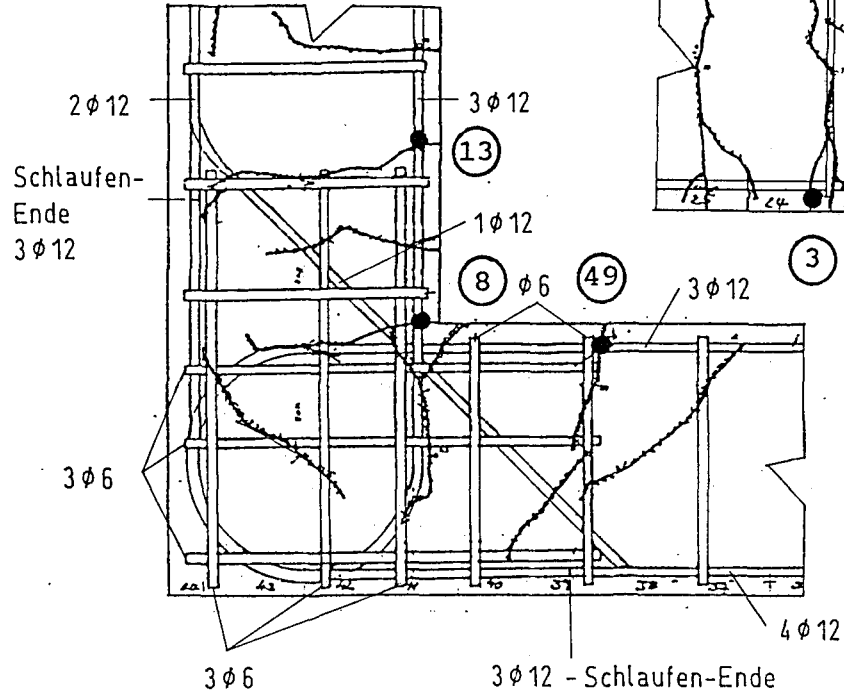
- /25/ Stroband, J.; Kolpa, J.J.
The Behaviour of Reinforced Concrete Column-to-Beam Joints. Part I:
Corner Joints Subjected to Negative Moments
Report 5-83-9, Department of Civil Engineering, Delft, University of
Technology, April 1983
- /26/ Oestlund, L.
The Influence of the Bending Radius and Concrete Cover for Deformed
Bars on the Risk of Splitting Failure in Reinforced Concrete Struc-
tures
The Royal Institute of Technology, Stockholm, Juni 1963
- /27/ Sarsam, K.F.; Phipps, M.E.
The Shear Design of in situ Reinforced Concrete Beam-Column Joints
Subjected to Monotonic Loading
Magazine of Concrete Research, März 1983, S.16-28
- /28/ Sarsam, K.F.
Strength and Deformation of Structural Concrete Joints Department of
Civil and Structural Engineering
Dissertation, Januar 1983
- /29/ Bosshard, M.; Menn, C.
Versuche über den Einfluß der Bewehrungsanordnung auf das Tragver-
halten von Rahmenecken aus Stahlbeton
Versuchsbericht Nr. 7806-1 des Instituts für Baustatik und Konstruk-
tion der ETH Zürich, Mai 1984
- /30/ Hoekstra, A.S.
De Invloed van de Wapenings Detaillering op het Gedrag van de Door-
gande- Kolombalkverbinding
Civiele Techniek, TH Delft, Oktober 1977

- /31/ Stroband, J.
Sterkte en Vervormingsgedrag van Kolom - Balkenverbindingen in Monoliete Raamwerken (Strength and Deformation Behaviour of Column-Beam connection in monolithic Framework)
Betononderzoek 1976-1980. Research in Structural Concrete, Report des Stevin Laboratoriums of Technology in Delft, Oktober 1980, S. 77-79
- /32/ Taylor, H.P.J.
The Behaviour of in situ Concrete Beam-Column Joints
Technical Report 42.492 der Cement and Concrete Association, London, Mai 1974
- /33/ Jirsa, J.O.; Marques, J.L.G.
A Study of Hooked Bar Anchorages in Beam-Column Joints
Austin University, Texas, Department of Civil Engineering, Juli 1972
- /34/ Gheorgoussis, G.H., Phipps, M.E.
The Influence of Low-Strength Concrete Beams on the Axial Load Capacity of Concrete Columns
The Structural Engineer, Juni 1981, S. 17-26
- /35/ Kordina, K.; Blume, F.
Empirische Zusammenhänge zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit stabförmiger Stahlbetonelemente
Heft 364 des DAfStb, 1985
- /36/ Stroband, J.; Leguijt, M.
Sterkte van Kruisverbindingen in gewapend Beton (The Behaviour of in situ Concrete X-Joints between Columns and Beams)
Report des Stevin Laboratoriums der University of Technology in Delft, Oktober 1980, S. 87-89
- /37/ Bathe, K.J.; Ramaswamy, S.
On Three-Dimensional Nonlinear Analysis of Concrete Structures
Nuclear Engineering and Design 52, S. 305-409, 1979

- /38/ Popovics, S.
A Numerical Approach to the Complete Stress-Strain-Curve of Concrete
Cement and Concrete Research, Vol. 3, S.583-599, 1979
- /39/ Thürlimann, B.; Bachmann, H.; Krauss, R.; Caflisch, R.;
Heimgartner, E.
Schubversuche an teilweise vorgespannten Balken
Institut für Baustatik der ETH Zürich, Berichte Nr. 6504-2, 6504-3,
6504-5, 6504-6
- /40/ Leonhardt, F.; Koch, R.; Rostasy, F.S.
Schubversuche an Plattenbalken
Heft 227 des DAFStb, 1973
- /41/ Kordina, K.; Hegger, J.
Systematische Auswertung von Schubversuchen an Spannbetonbalken
Heft 381 des DAFStb, 1987
- /42/ Walraven, J.
Shear in Element without Shear Reinforcement
CEB-Bulletin Nr. 146, April 1982
- /43/ Cervenka, V.; Gerstle, K.H.
Inelastic Analysis of Reinforced Concrete Panels
Publication of IABSE, Vol.31 und Vol.32, 1972
- /44/ Cedolin, L.; Dei Poli, S.
Finite Element Studies of Shear Critical RC-Beams
Journal of the Engineering Mechanics Division, Proc. of the ASCE,
Vol. 103, 1977
- /45/ DIN 1045
Beton- und Stahlbeton - Bemessung und Ausführung
Ausgabe Dezember 1978
- /46/ ACI-ASCE Committee 352
Recommendations for Design of Beam-Column Joints in Monolithic Rein-
forced Concrete Structures
ACI Journal, Mai-Juni 1985, S. 266-283

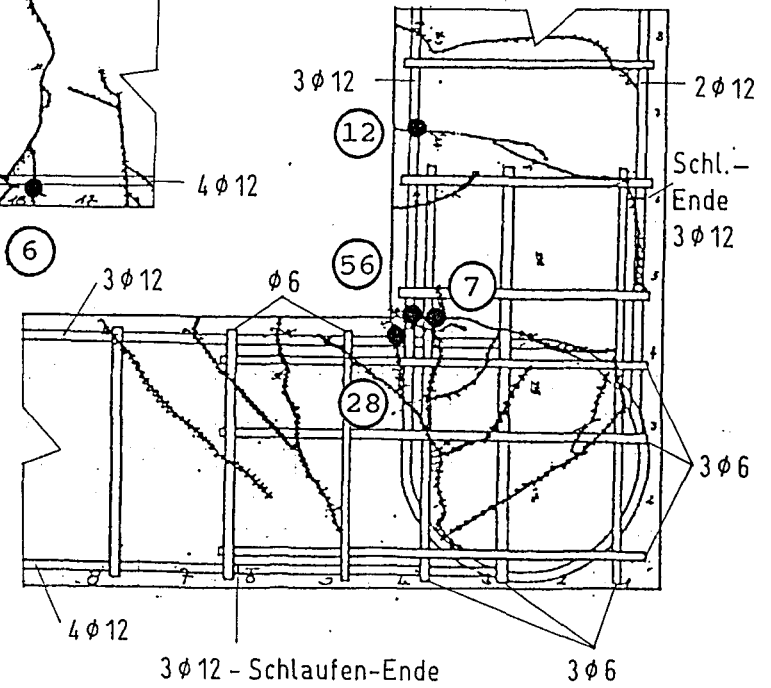
- /47/ FIP-Recommendations
Practical Design of Reinforced and Prestressed Concrete Structure
based on the CEB-FIP Model Code (MC 78) London, 1984
- /48/ Grasser, E.; Thielen, G.
Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von
Stahlbetontragwerken
Heft 240 des DAfStb, 1976
- /49/ Schlaich, J.; Schäfer, K.; Jennewein, M.
Towards a Consistent Design of Reinforced and Prestressed Concrete
Bericht des Instituts für Massivbau der TU Stuttgart, Dezember 1986
- /50/ Comité' Euro-International du Béton Ad-Hoc Commission IV/VI
Contribution to the Revision of the CEB-MC 1990, Juni 1986
- /51/ Kupfer, H.B.; Gerstle, K.H.
Behavior of concrete under biaxial stresses
Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of the
ASCE, Vol 99, Aug. 1973, S. 853-866
- /52/ Duddeck, H.; Bargstädt, H.-J.
Zutreffendere Spannungszustände dicker Stahlbetonrahmen des Grund-
und Tunnelbaus (Verbesserung der Rahmenstatik)
Zwischenbericht des Instituts für Statik der TU Braunschweig, Ok-
tober 1986
- /53/ Bargstädt, H.-J.
Berechnung dicker Stahlbetonrahmen mit beanspruchungsabhängigen An-
sätzen der Steifigkeiten
Dissertation, TU Braunschweig, 1988
- /54/ Ernst, G.E.
Plastic Hinging at the Intersection of Beams and Columns
Journal of the ACI, Juni 1957, S. 1119-1144
- /55/ Eurocode Nr.2: Design of Concrete Structures
Part 1: General Rules and Rules for Buildings
Final Draft, Dezember 1988

Rotationsbereich I

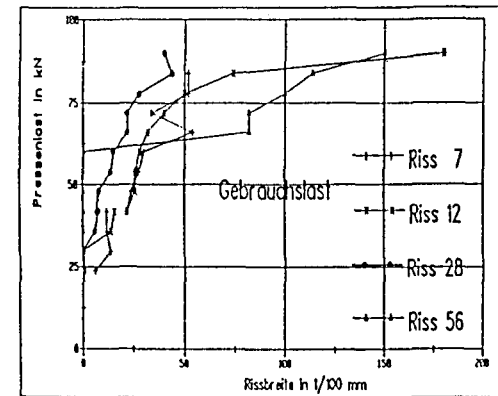
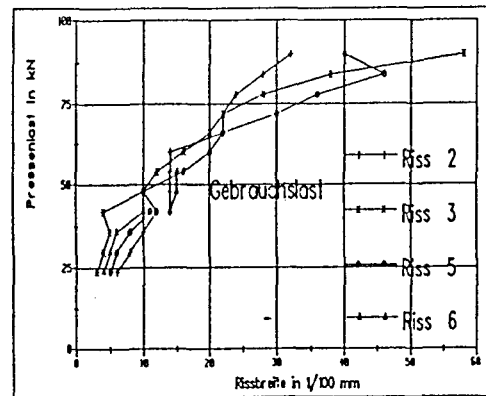
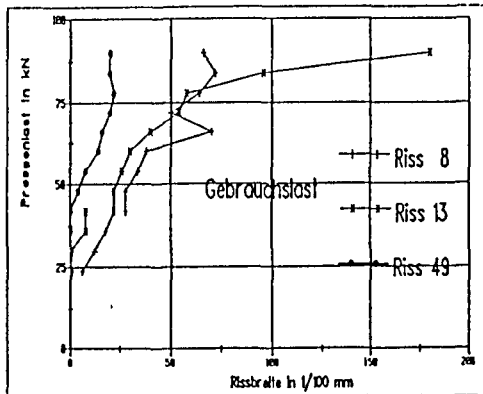


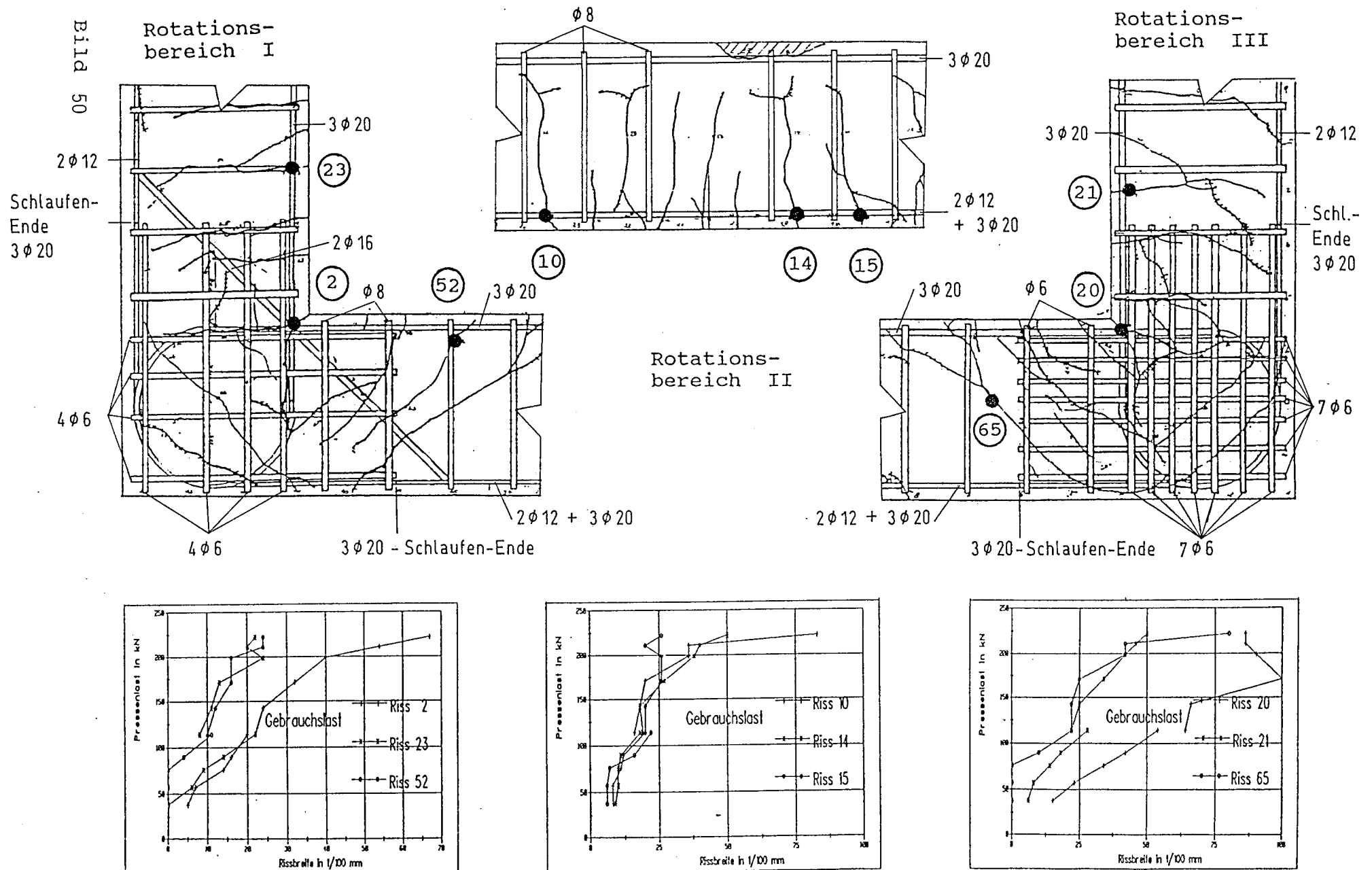
Rotationsbereich II

Rotationsbereich III



Detailrissbilder Rotationsbereiche mit größten Ribbreiten (VR 1)





9. Anhang Versuchswerte

Positive Rahmenecken Normalbeton /RIEGEL/										A_{s1}	$A_{s\phi}$	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η	
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	n	A_{s1} [mm]	$A_{s\phi}$ [mm]	β_s [N/mm2]	β_p [N/mm2]								
1	KORDINA /	V1-R	40	25	36.6	88.10	38.0	38.0	4	18	4	18	420.0	26.7	4111	.175	1.00	1.09	1.60	.099	5.796
2	WIEDEMANN	V2-R	40	25	37.6	133.30	57.5	57.5	2	10	3	18	435.0	23.9	6170	.148	.21	1.06	1.60	.158	5.796
3	/7/	V3-R	40	25	36.2	137.40	59.3	59.3	2	10	4	16	445.0	22.6	6110	.175	.20	1.10	1.60	.186	5.793
4		V4-R	40	25	37.2	123.00	53.0	53.0	2	12	4	16	445.0	26.1	6100	.147	.28	1.08	1.60	.136	5.802
5		V5-R	44	34	40.0	307.50	132.6	132.6	3	12	4	22	436.0	37.9	6110	.127	.22	1.10	1.28	.147	5.270
6		V6-R	44	34	39.5	274.50	118.4	118.4	3	12	4	22	436.0	38.2	6100	.127	.22	1.11	1.28	.133	5.269
7		V8-R	14	100	12.4	51.80	37.0	37.0	0	0	10	12	450.0	33.9	6170	.121	.00	1.19	.15	.099	9.524
8	SKETTRUP /	7701-R	47	22	41.3	106.00	.0	.0	2	25	2	25	597.0	18.1	6100	.342	1.00	1.15	2.07	.150	-
9	BRONDUM /	7702-R	47	22	42.6	99.00	.0	.0	2	20	2	20	573.0	13.9	6100	.271	1.00	1.11	2.11	.175	-
10	NIELSEN	7703-R	79	22	73.0	471.00	.0	.0	8	16	8	16	575.0	21.9	6100	.255	1.00	1.09	3.52	.178	-
11	/20/	7704-R	79	22	74.5	369.00	.0	.0	2	25	2	25	564.0	17.7	6100	.186	1.00	1.07	3.53	.166	-
12		8001-R-G	26	16	23.1	25.20	.0	.0	2	12	2	16	562.0	19.3	6100	.313	.56	1.13	1.60	.151	-
13		8002-R	26	16	23.1	38.20	.0	.0	2	12	2	16	589.0	17.2	7110	.368	.56	1.13	1.60	.257	-
14		8003-R	26	16	23.1	45.30	.0	.0	2	12	2	16	605.0	17.8	7110	.365	.56	1.13	1.60	.294	-
15		8004-R-G	26	16	23.2	48.50	.0	.0	2	12	2	16	631.0	16.9	2111	.399	.56	1.12	1.60	.329	-
16		8005-R	26	16	23.2	46.60	.0	.0	2	12	2	16	607.0	16.9	2111	.384	.56	1.12	1.60	.316	-
17		8201-R	26	16	23.1	48.50	.0	.0	2	12	2	16	645.0	16.3	7110	.425	.56	1.13	1.60	.344	-
18		8202-R	26	16	23.1	52.70	.0	.0	2	12	2	16	662.0	14.2	2111	.501	.56	1.13	1.60	.429	-
19		8203-R	26	16	22.8	49.10	.0	.0	2	12	2	16	650.0	17.2	7110	.411	.56	1.14	1.60	.339	-
20		8204-R	26	16	22.8	53.90	.0	.0	2	12	2	16	661.0	13.5	2111	.533	.56	1.14	1.60	.474	-
21		8205-R	26	16	22.8	44.10	.0	.0	2	8	2	16	644.0	15.6	7110	.449	.25	1.14	1.60	.336	-
22		8206-R	26	16	23.3	48.40	.0	.0	2	8	2	16	656.0	23.7	2111	.295	.25	1.12	1.60	.232	-
23		8207-R	26	16	22.8	48.10	.0	.0	2	8	2	16	655.0	17.9	7110	.398	.25	1.14	1.60	.319	-
24		8208-R	26	16	23.0	42.30	.0	.0	2	8	2	16	657.0	16.1	2111	.440	.25	1.13	1.60	.307	-
25	STROBAND /	B1-R	12	7	10.8	2.25	3.0	.0	2	6	2	6	504.0	19.0	4151	.198	1.00	1.11	1.71	.145	6.250
26	KOLPA	B2-R	12	7	10.8	2.40	3.3	.0	2	6	2	6	504.0	20.8	4111	.181	1.00	1.11	1.71	.141	6.061
27	/15/ + /21/	B3-R	12	7	10.8	1.97	2.7	.0	2	6	2	6	504.0	19.0	4101	.198	1.00	1.11	1.71	.127	6.080
28		B4-R	12	7	10.8	2.56	3.4	.0	2	6	2	6	504.0	22.0	6000	.171	1.00	1.11	1.71	.143	6.275
29		B5-R	12	7	10.8	2.72	3.6	.0	2	6	2	6	504.0	22.0	6000	.171	1.00	1.11	1.71	.151	6.296
30		B6-R	12	7	10.8	2.81	3.8	.0	2	6	2	6	504.0	20.8	6010	.181	1.00	1.11	1.71	.165	6.162
31		B7-R	12	7	10.8	2.53	3.4	.0	2	6	2	6	504.0	19.0	6050	.198	1.00	1.11	1.71	.163	6.201
32		B8-R	12	7	10.8	2.72	3.7	.0	2	6	2	6	504.0	20.8	6110	.181	1.00	1.11	1.71	.160	6.126
33		B9-R	12	7	10.8	2.72	3.7	.0	2	6	2	6	504.0	18.4	6100	.205	1.00	1.11	1.71	.181	6.126
34		B10-R	12	7	10.8	2.44	3.2	.0	2	6	2	6	504.0	22.0	6000	.171	1.00	1.11	1.71	.136	6.354
35		B11-R	12	7	10.8	2.63	3.5	.0	2	6	2	6	504.0	18.4	8100	.205	1.00	1.11	1.71	.175	6.262
36		B12-R	12	7	10.8	2.49	3.4	.0	2	6	2	6	504.0	18.4	8101	.205	1.00	1.11	1.71	.166	6.103
37		B13-R	12	7	10.8	.80	1.0	.0	2	6	2	6	504.0	10.4	4001	.362	1.00	1.11	1.71	.094	6.667
38		B14-R	12	7	10.8	1.88	2.5	.0	2	6	2	6	504.0	9.5	4011	.397	1.00	1.11	1.71	.242	6.267
39		B15-R	12	7	10.8	1.92	2.5	.0	2	6	2	6	504.0	11.3	4151	.334	1.00	1.11	1.71	.208	6.400
40		B16-R	12	7	10.8	2.15	3.0	.0	2	6	2	6	504.0	11.3	4111	.334	1.00	1.11	1.71	.233	5.972
41		B17-R	12	7	10.8	1.22	1.6	.0	2	6	2	6	504.0	11.2	4101	.337	1.00	1.11	1.71	.133	6.354
42		B18-R	12	7	10.8	1.99	2.6	.0	2	6	2	6	504.0	12.4	6000	.304	1.00	1.11	1.71	.197	6.378
43		B19-R	12	7	10.8	1.65	2.3	.0	2	6	2	6	504.0	11.1	6000	.340	1.00	1.11	1.71	.182	5.978
44		B20-R	12	7	10.8	1.79	2.3	.0	2	6	2	6	504.0	8.5	6010	.444	1.00	1.11	1.71	.258	6.486
45		B21-R	12	7	10.8	2.06	2.7	.0	2	6	2	6	504.0	9.5	6060	.397	1.00	1.11	1.71	.266	6.358
46		B22-R	12	7	10.8	2.25	3.1	.0	2	6	2	6	504.0	11.3	6110	.334	1.00	1.11	1.71	.244	6.048
47		B23-R	12	7	10.8	2.54	3.4	.0	2	6	2	6	504.0	12.0	6100	.314	1.00	1.11	1.71	.259	6.225
48		B24-R	12	7	10.8	1.77	2.3	.0	2	6	2	6	504.0	9.7	6000	.389	1.00	1.11	1.71	.223	6.413
49	NILSSON	U1-R	40	50	36.2	63.70	43.9	.0	3	10	5	16	406.0	37.9	4001	.059	.23	1.10	.80	.026	3.628
50	/4/	U2-R	30	50	26.2	36.70	26.2	.0	3	10	5	16	412.0	30.9	4001	.102	.23	1.15	.60	.035	4.669
51		U3-R	40	50	35.0	53.10	36.6	.0	3	10	3	25	398.0	36.6	4001	.092	.16	1.14	.80	.024	3.627
52		U11-R	25	35	22.5	22.00	19.6	.0	0	0	4	10	442.0	24.9	5000	.071	.00	1.11	.71	.050	4.490
53		U12-R	25	35	21.9	26.40	23.5	.0	0	0	4	12	429.0	29.6	5000	.086	.00	1.14	.71	.053	4.494
54		U13-R	25	35	21.9	37.00	32.9	.0	0	0	6	12	424.0	28.4	5000	.132	.00	1.14	.71	.078	4.498
55		U14-R	25	35	22.5	19.00	16.9	.0	0	0	4	10	431.0	32.0	3000	.054	.00	1.11	.71	.034	4.497

Positive Rahmenecken Normalbeton /RIEGEL/																						
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	$\lambda_{s'}$ n [mm]	$\lambda_{s\phi}$ n [mm]	β_s [N/mm ²]	β_p [N/mm ²]	BEW.F	ω [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_u [-]	η [-]			
56		U15-R	25	35	21.9	23.90	21.2	.0	0	0	4	12	440.0	24.9	3000	.104	.00	1.14	.71	.057	4.509	
57		U16-R	25	35	21.9	26.40	23.5	.0	0	0	6	12	415.0	25.4	3000	.145	.00	1.14	.71	.062	4.494	
58		U20-R	25	35	22.5	11.00	9.8	.0	0	0	4	10	435.0	22.9	4000	.076	.00	1.11	.71	.027	4.490	
59		U21-R	25	35	21.9	10.60	9.4	.0	0	0	4	12	425.0	28.3	4000	.089	.00	1.14	.71	.022	4.511	
60		U22-R	25	35	21.9	13.00	11.6	.0	0	0	6	12	426.0	29.7	4000	.127	.00	1.14	.71	.026	4.483	
61		U27-R	25	35	21.9	19.90	17.7	.0	0	0	4	12	407.0	23.1	1010	.104	.00	1.14	.71	.051	4.497	
62		U28-R	25	35	21.9	27.10	24.1	.0	4	6	4	12	444.0	22.7	4011	.115	.25	1.14	.71	.071	4.498	
63		UV1-R	25	35	21.9	34.90	31.0	.0	0	0	4	12	423.0	25.4	3102	.098	.00	1.14	.71	.082	4.503	
64		UV2-R	25	35	21.9	34.40	30.6	.0	0	0	4	12	428.0	28.7	3102	.088	.00	1.14	.71	.071	4.497	
65		U23-R	25	35	22.5	25.20	22.4	.0	0	0	4	10	457.0	25.4	6000	.072	.00	1.11	.71	.056	4.500	
66		U24-R	25	35	21.9	30.00	26.7	.0	0	0	4	12	433.0	33.1	6000	.077	.00	1.14	.71	.054	4.494	
67		U25-R	25	35	21.9	39.70	35.3	.0	0	0	6	12	414.0	26.8	6000	.137	.00	1.14	.71	.088	4.499	
68		UV3-R	25	35	21.9	39.70	35.3	.0	0	0	4	12	436.0	26.5	6102	.097	.00	1.14	.71	.089	4.499	
69		UV4-R	25	35	21.9	37.60	33.4	.0	0	0	4	12	425.0	23.1	6102	.109	.00	1.14	.71	.097	4.503	
70		UV5-R	25	35	21.9	38.80	34.5	.0	0	0	4	12	422.0	28.0	6100	.089	.00	1.14	.71	.083	4.499	
71		UV6-R	25	35	21.9	37.60	33.4	.0	0	0	4	12	413.0	24.3	6100	.100	.00	1.14	.71	.092	4.503	
72		UV7-R	25	35	21.9	40.40	35.9	.0	0	0	4	12	413.0	28.3	6100	.086	.00	1.14	.71	.085	4.501	
73		U50-R	25	35	22.5	44.10	39.2	.0	0	0	4	10	666.0	28.0	6100	.095	.00	1.11	.71	.089	4.500	
74		U51-R	25	35	21.9	52.40	46.6	.0	0	0	4	12	658.0	29.3	6100	.133	.00	1.14	.71	.107	4.498	
75		U52-R	25	35	22.5	31.00	27.6	.0	0	0	3	10	607.0	31.0	6100	.059	.00	1.11	.71	.056	4.493	
76		U53-R	25	35	22.5	30.90	27.5	.0	0	0	3	10	652.0	24.8	6200	.079	.00	1.11	.71	.070	4.495	
77		U54-R	25	35	22.5	34.20	30.6	.0	0	0	3	10	652.0	26.3	7100	.074	.00	1.11	.71	.073	4.471	
78		U56-R	40	23	37.6	32.60	27.2	.0	0	0	3	8	480.0	23.5	6100	.034	.00	1.06	1.67	.041	2.996	
79		U61-R	25	35	22.5	40.80	36.3	.0	4	10	4	10	652.0	23.0	6101	.113	1.00	1.11	.71	.100	4.496	
80		U57-R	25	35	22.5	22.90	20.4	.0	0	0	3	10	594.0	30.3	6000	.059	.00	1.11	.71	.043	4.490	
81		U59-R	25	35	21.9	37.40	33.2	.0	0	0	4	12	697.0	22.4	6000	.184	.00	1.14	.71	.099	4.506	
82		U50c-R	25	35	21.9	36.20	32.2	.0	0	0	4	10	661.0	25.0	6100	.108	.00	1.14	.71	.086	4.497	
83		U50d-R	25	35	21.9	39.80	35.4	.0	0	0	4	10	679.0	32.0	6100	.087	.00	1.14	.71	.074	4.497	
84	SWANN	1-R	15	15	12.3	1.26	.0	1.1	0	0	2	19	295.0	20.2	1000	.443	.00	1.24	1.00	.027	-	-
85	/17/	2-R	15	15	12.3	1.73	.0	1.6	2	19	2	19	295.0	25.4	1001	.352	1.00	1.24	1.00	.030	-	-
86		3-R	15	15	12.3	2.90	.0	2.6	2	19	2	19	295.0	27.8	4001	.322	1.00	1.24	1.00	.045	-	-
87		4-R	15	15	12.3	5.82	.0	5.2	2	19	2	19	295.0	23.1	6070	.387	1.00	1.24	1.00	.110	-	-
88		5-R	15	15	12.3	6.26	.0	5.6	2	19	2	19	295.0	23.4	6170	.382	1.00	1.24	1.00	.116	-	-
89		6-R	15	15	12.3	9.54	.0	8.5	0	0	2	19	295.0	27.3	5070	.328	.00	1.24	1.00	.152	-	-
90		6'-R	15	15	12.3	8.76	.0	7.8	0	0	2	19	295.0	21.3	5070	.420	.00	1.24	1.00	.179	-	-
91		7-R	15	15	12.3	10.20	.0	9.1	2	19	2	19	295.0	23.5	5170	.381	1.00	1.24	1.00	.189	-	-
92		8-R	15	15	12.3	6.26	.0	5.6	2	19	2	19	295.0	23.8	5170	.376	1.00	1.24	1.00	.114	-	-
93		9-R	15	15	12.3	13.89	.0	12.4	2	19	2	19	295.0	22.9	1011	.391	1.00	1.24	1.00	.264	-	-
94		10-R	15	15	12.3	15.67	.0	14.0	2	19	2	19	295.0	23.1	1011	.387	1.00	1.24	1.00	.295	-	-
95		10'-R	15	15	12.3	14.28	.0	12.8	2	19	2	19	295.0	23.6	1011	.379	1.00	1.24	1.00	.263	-	-
96	BALINT /	NS004/1-R	15	15	13.3	3.32	.0	3.0	3	6	3	6	450.0	26.4	2001	.072	1.00	1.14	1.00	.047	-	-
97	TAYLOR	NS005-R	15	15	13.2	5.65	.0	5.0	2	8	2	8	450.0	48.9	1011	.046	1.00	1.15	1.00	.044	-	-
98	/13/	NS008/1-R	15	15	13.2	4.53	.0	4.0	3	10	2	10	450.0	35.8	2001	.098	1.50	1.15	1.00	.048	-	-
99		NS014/2-R	15	15	12.4	5.46	.0	4.9	3	12	2	12	450.0	23.5	2001	.230	1.50	1.23	1.00	.099	-	-
100		NS014/3-R	15	15	12.4	2.58	.0	2.3	4	12	2	12	450.0	18.7	4001	.289	2.00	1.23	1.00	.059	-	-
101		NS014/4-R	15	15	12.4	7.00	.0	6.3	2	6	2	12	450.0	35.7	5001	.151	.25	1.23	1.00	.084	-	-
102		NS014/5-R	15	15	12.4	12.40	.0	11.1	2	12	2	12	450.0	44.2	1011	.122	1.00	1.23	1.00	.120	-	-
103		NS020-R	15	15	12.7	8.56	.0	7.7	3	16	2	16	450.0	18.2	3001	.515	1.50	1.20	1.00	.192	-	-
104		NSM10/1-R	15	15	12.4	9.00	.0	8.1	2	12	2	12	450.0	26.4	3041	.205	1.00	1.23	1.00	.146	-	-
105		S1001-R	15	15	12.4	9.75	.0	8.7	2	12	2	12	450.0	24.7	3103	.219	1.00	1.23	1.00	.169	-	-
106		S1002-R	15	15	12.4	11.70	.0	10.5	2	12	2	12	450.0	40.8	3103	.132	1.00	1.23	1.00	.123	-	-
107		S10R2-R	15	15	12.4	10.65	.0	9.5	2	12	2	12	450.0	29.2	3113	.185	1.00	1.23	1.00	.156	-	-
108		S10M14/2-	15	15	12.4	9.15	.0	8.2	2	12	2	12	450.0	27.0	3043	.200	1.00	1.23	1.00	.145	-	-
109		S1501-R	15	15	12.4	12.50	.0	11.2	2	12	2	12	450.0	25.2	3103	.214	1.00	1.23	1.00	.212	-	-

Positive Rahmenecken Normalbeton /RIEGEL/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$n A_{s'}$	$n A_s$	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
110	NOOR /19/	S15R1-R	15	15	12.4	11.70	.0	10.4	2 12	2 12	450.0	26.4	3113	.205	1.00	1.23	1.00	.190	- -
111		S15M14/2-	15	15	12.4	10.40	.0	9.3	2 12	2 12	450.0	28.1	3043	.192	1.00	1.23	1.00	.158	- -
112		S15M10/1-	15	15	12.4	14.00	.0	12.5	2 12	2 12	450.0	26.7	3043	.202	1.00	1.23	1.00	.224	- -
113		A1-R	15	80	13.0	18.80	.0	30.1	8 10	8 10	433.0	49.3	4071	.053	1.00	1.15	.19	.028	- -
114		A1R-R	15	80	13.5	18.40	.0	29.5	8 10	8 10	433.0	53.6	4071	.047	1.00	1.11	.19	.024	- -
115		A2-R	15	80	13.7	23.90	.0	38.2	8 12	8 12	455.0	43.4	4071	.087	1.00	1.09	.19	.037	- -
116		A3-R	15	80	13.3	18.60	.0	29.8	8 8	8 8	448.0	54.4	4071	.031	1.00	1.13	.19	.024	- -
117		A4-R	15	80	13.3	16.80	.0	26.9	11 10	11 10	433.0	39.1	4071	.090	1.00	1.13	.19	.030	- -
118		B1-R	15	80	13.3	31.40	.0	50.3	8 10	8 10	433.0	45.0	6070	.057	1.00	1.13	.19	.049	- -
119		B2-R	15	80	13.6	39.00	.0	62.4	8 12	8 12	455.0	59.5	6070	.064	1.00	1.10	.19	.044	- -
120		B3-R	15	80	13.1	27.90	.0	44.6	8 8	8 8	448.0	37.4	6070	.046	1.00	1.15	.19	.054	- -
121		B4R-R	15	80	13.3	40.00	.0	64.0	11 10	11 10	433.0	46.7	6070	.075	1.00	1.13	.19	.061	- -
122		B5-R	15	80	12.9	23.30	.0	37.2	6 10	6 10	433.0	34.8	6070	.057	1.00	1.16	.19	.050	- -
123		B6-R	15	80	13.2	58.10	.0	92.9	19 10	19 10	416.0	34.8	6070	.169	1.00	1.14	.19	.120	- -
124		B7R-R	15	80	13.2	40.70	.0	65.0	11 10	11 10	416.0	31.5	6070	.108	1.00	1.14	.19	.093	- -
125		BD1-R	15	80	13.2	32.40	.0	51.9	11 8	11 8	498.0	32.3	5171	.081	1.00	1.14	.19	.072	- -
126		BD2-R	15	80	13.2	73.50	.0	117.5	19 10	19 10	416.0	37.4	5171	.157	1.00	1.14	.19	.141	- -
127		C1-R	15	80	13.2	33.30	.0	53.2	11 8	11 8	498.0	30.6	3071	.085	1.00	1.14	.19	.078	- -
128		C2-R	15	80	13.2	45.40	.0	72.6	19 10	19 10	416.0	30.6	3071	.192	1.00	1.14	.19	.106	- -
129	CD1-R	15	80	13.2	28.10	.0	44.9	11 8	11 8	498.0	26.4	3171	.099	1.00	1.14	.19	.076	- -	
130	CD2-R	15	80	13.2	62.00	.0	99.2	19 10	19 10	416.0	33.2	3171	.177	1.00	1.14	.19	.134	- -	
131	CD1R-R	15	80	13.2	28.10	.0	44.9	11 8	11 8	498.0	32.3	3171	.081	1.00	1.14	.19	.062	- -	
132	DOMINGUES /22/	V1-R	15	30	12.5	11.44	.0	17.6	0 0	3 10	447.0	21.0	6000	.134	.00	1.20	.50	.116	- -
133		V2-R	15	30	12.5	11.57	.0	17.8	0 0	3 10	447.0	24.0	6070	.117	.00	1.20	.50	.103	- -
134		V3-R	15	30	12.5	11.90	.0	18.3	0 0	3 10	464.0	21.0	6170	.139	.00	1.20	.50	.121	- -
135		V4-R	15	30	12.5	11.96	.0	18.4	0 0	3 10	467.0	26.0	6170	.113	.00	1.20	.50	.098	- -
136		V5-R	15	30	12.5	13.33	.0	20.5	0 0	3 10	521.0	24.0	6170	.136	.00	1.20	.50	.118	- -
137		V6-R	15	30	12.5	12.94	.0	19.9	0 0	3 10	513.0	19.0	6170	.170	.00	1.20	.50	.145	- -
138		V7-R	15	30	12.5	12.03	.0	18.5	0 0	3 10	466.0	24.0	6170	.122	.00	1.20	.50	.107	- -
139		V8-R	15	30	12.5	12.22	.0	18.8	0 0	3 10	478.0	21.0	6170	.143	.00	1.20	.50	.124	- -
140		V9-R	15	30	12.5	13.20	.0	20.3	0 0	3 10	509.0	24.0	6172	.133	.00	1.20	.50	.117	- -
141		V10-R	15	30	12.5	12.55	.0	19.3	0 0	3 10	503.0	22.0	6172	.144	.00	1.20	.50	.122	- -
142		V11-R	15	30	12.5	12.48	.0	19.2	0 0	3 10	495.0	21.0	6172	.148	.00	1.20	.50	.127	- -
143		V12-R	15	30	12.5	12.74	.0	19.6	0 0	3 10	494.0	21.0	6172	.148	.00	1.20	.50	.129	- -
144		V13-R	15	30	12.5	12.87	.0	19.8	0 0	3 10	506.0	25.0	6172	.127	.00	1.20	.50	.110	- -
145		V14-R	15	30	12.5	13.13	.0	20.2	0 0	3 10	503.0	30.0	6172	.105	.00	1.20	.50	.093	- -
146		V15-R	15	30	12.5	13.00	.0	20.0	0 0	3 10	510.0	27.0	5000	.119	.00	1.20	.50	.103	- -
147		V16-R	15	30	12.5	11.44	.0	17.6	0 0	3 10	447.0	25.0	5070	.112	.00	1.20	.50	.098	- -
148	KORDINA / FUCHS /14/	E1-R	14	70	12.4	26.90	22.6	22.6	0 0	6 12	475.0	30.0	6070	.124	.00	1.13	.20	.083	8.502
149		E2-R	14	70	12.4	26.90	22.6	22.6	0 0	6 12	475.0	29.1	6070	.128	.00	1.13	.20	.086	8.502
150		E3-R	14	70	12.4	28.60	24.0	24.0	0 0	6 12	475.0	24.7	5070	.150	.00	1.13	.20	.108	8.512
151		E4-R	14	70	12.4	29.80	25.0	25.0	0 0	6 12	475.0	23.8	5070	.156	.00	1.13	.20	.116	8.514
152		E5-R	14	70	12.4	30.30	25.5	25.5	0 0	6 12	475.0	24.7	6270	.150	.00	1.13	.20	.114	8.487
153	REHM / STOCKER /23/	E6-R	14	70	12.4	40.40	33.9	33.9	0 0	6 12	475.0	23.6	6270	.157	.00	1.13	.20	.159	8.512
154		A1-R	10	75	8.0	1.71	2.9	2.9	6 10	6 10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.027	5.897
155		A2-R	10	75	8.0	1.81	3.1	3.1	6 10	6 10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.028	5.839
156		A3-R	10	75	8.0	2.01	3.5	3.5	6 10	6 10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.031	5.743
157		A4-R	10	75	8.0	1.81	3.1	3.1	6 10	6 10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.028	5.839
158		A5-R	10	75	8.0	2.77	4.8	4.8	6 10	6 10	420.0	28.4	2300	.116	1.00	1.25	.13	.020	5.771
159		A6-R	10	75	8.0	3.06	5.3	5.3	6 10	6 10	420.0	28.4	2300	.116	1.00	1.25	.13	.022	5.774
160		B1-R	10	75	8.0	4.24	6.3	6.3	6 10	6 10	420.0	24.7	2400	.134	1.00	1.25	.13	.036	6.730
161		B2-R	10	75	8.0	4.53	6.7	6.7	6 10	6 10	420.0	24.7	2400	.134	1.00	1.25	.13	.038	6.761

Positive Rahmenecken Normalbeton /Stiel/										$\lambda_{B\sigma}$	$\lambda_{B\sigma}$	$\beta_{B\sigma}$	$\beta_{B\sigma}$	BEW.F	σ	γ	D/H	D/B	m_u	η	
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	σ	n	σ	(N/mm ²)	(N/mm ²)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[mm]		[mm]									
1	KORDINA /	V1-S	40	25	36.6	88.10	38.0	38.0	4	18	4	18	420.0	26.7	4111	.175	1.00	1.09	1.60	.099	5.796
2	WIEDEMANN	V2-S	40	25	37.6	133.30	57.5	57.5	2	10	3	18	435.0	23.9	6170	.148	.21	1.06	1.60	.158	5.796
3	/7/	V3-S	40	28	36.2	137.40	59.3	59.3	2	10	4	16	445.0	22.6	6110	.156	.20	1.10	1.43	.166	5.793
4		V4-S	40	25	37.2	123.00	53.0	53.0	2	12	4	16	445.0	26.1	6100	.147	.28	1.08	1.60	.136	5.802
5		V5-S	44	34	40.0	307.50	132.6	132.6	3	12	4	22	436.0	37.9	6110	.127	.22	1.10	1.28	.147	5.270
6		V6-S	44	34	39.5	274.50	118.4	118.4	3	12	4	22	436.0	38.2	6100	.127	.22	1.11	1.28	.133	5.269
7		V8-S	14	100	12.4	51.80	37.0	37.0	0	0	10	12	450.0	33.9	6170	.121	.00	1.19	.15	.099	9.524
8	SKETTRUP /	7701-S	47	22	41.3	106.00	.0	.0	2	25	2	25	597.0	18.1	6100	.342	1.00	1.15	2.07	.150	-
9	BRONDUM /	7702-S	47	22	42.6	99.00	.0	.0	2	20	2	20	573.0	13.9	6100	.271	1.00	1.11	2.11	.175	-
10	NIELSEN	7703-S	79	22	73.0	471.00	.0	.0	8	16	8	16	575.0	21.9	6100	.255	1.00	1.09	3.52	.178	-
11	/20/	7704-S	79	22	74.5	369.00	.0	.0	2	25	2	25	564.0	17.7	6100	.186	1.00	1.07	3.53	.166	-
12		8001-S-G	26	16	23.1	25.20	.0	.0	2	12	2	16	562.0	19.3	6100	.313	.56	1.13	1.60	.151	-
13		8002-S	26	16	23.1	38.20	.0	.0	2	12	2	16	589.0	17.2	7110	.368	.56	1.13	1.60	.257	-
14		8003-S	26	16	23.1	45.30	.0	.0	2	12	2	16	605.0	17.8	7110	.365	.56	1.13	1.60	.294	-
15		8004-S-G	26	16	23.2	48.50	.0	.0	2	12	2	16	631.0	16.9	2111	.399	.56	1.12	1.60	.329	-
16		8005-S	26	16	23.2	46.60	.0	.0	2	12	2	16	607.0	16.9	2111	.384	.56	1.12	1.60	.316	-
17		8201-S	26	16	23.1	48.50	.0	.0	2	12	2	16	645.0	16.3	7110	.425	.56	1.13	1.60	.344	-
18		8202-S	26	16	23.1	52.70	.0	.0	2	12	2	16	662.0	14.2	2111	.501	.56	1.13	1.60	.429	-
19		8203-S	26	16	22.8	49.10	.0	.0	2	12	2	16	650.0	17.2	7110	.411	.56	1.14	1.60	.339	-
20		8204-S	26	16	22.8	53.90	.0	.0	2	12	2	16	661.0	13.5	2111	.533	.56	1.14	1.60	.474	-
21		8205-S	26	16	22.8	44.10	.0	.0	2	8	2	16	644.0	15.6	7110	.449	.25	1.14	1.60	.336	-
22		8206-S	26	16	23.3	48.40	.0	.0	2	8	2	16	656.0	23.7	2111	.295	.25	1.12	1.60	.232	-
23		8207-S	26	16	22.8	48.10	.0	.0	2	8	2	16	655.0	17.9	7110	.398	.25	1.14	1.60	.319	-
24		8208-S	26	16	23.0	42.30	.0	.0	2	8	2	16	657.0	16.1	2111	.440	.25	1.13	1.60	.307	-
25	STROBAND /	B1-S	12	7	10.8	2.06	.0	3.0	2	6	2	6	504.0	19.0	4151	.198	1.00	1.11	1.71	.133	-
26	KOLPA	B2-S	12	7	10.8	2.20	.0	3.3	2	6	2	6	504.0	20.8	4111	.181	1.00	1.11	1.71	.130	-
27	/15/ +/21/	B3-S	12	7	10.8	1.80	.0	2.7	2	6	2	6	504.0	19.0	4101	.198	1.00	1.11	1.71	.116	-
28		B4-S	12	7	10.8	2.35	.0	3.4	2	6	2	6	504.0	22.0	6000	.171	1.00	1.11	1.71	.131	-
29		B5-S	12	7	10.8	2.49	.0	3.6	2	6	2	6	504.0	22.0	6000	.171	1.00	1.11	1.71	.139	-
30		B6-S	12	7	10.8	2.57	.0	3.8	2	6	2	6	504.0	20.8	6010	.181	1.00	1.11	1.71	.151	-
31		B7-S	12	7	10.8	2.32	.0	3.4	2	6	2	6	504.0	19.0	6050	.198	1.00	1.11	1.71	.150	-
32		B8-S	12	7	10.8	2.49	.0	3.7	2	6	2	6	504.0	20.8	6110	.181	1.00	1.11	1.71	.147	-
33		B9-S	12	7	10.8	2.49	.0	3.7	2	6	2	6	504.0	18.4	6100	.205	1.00	1.11	1.71	.166	-
34		B10-S	12	7	10.8	2.24	.0	3.2	2	6	2	6	504.0	22.0	6000	.171	1.00	1.11	1.71	.125	-
35		B11-S	12	7	10.8	2.41	.0	3.5	2	6	2	6	504.0	18.4	8100	.205	1.00	1.11	1.71	.160	-
36		B12-S	12	7	10.8	2.28	.0	3.4	2	6	2	6	504.0	18.4	8101	.205	1.00	1.11	1.71	.152	-
37		B13-S	12	7	10.8	.73	.0	1.0	2	6	2	6	504.0	10.4	4001	.362	1.00	1.11	1.71	.086	-
38		B14-S	12	7	10.8	1.72	.0	2.5	2	6	2	6	504.0	9.5	4011	.397	1.00	1.11	1.71	.222	-
39		B15-S	12	7	10.8	1.76	.0	2.5	2	6	2	6	504.0	11.3	4151	.334	1.00	1.11	1.71	.191	-
40		B16-S	12	7	10.8	1.97	.0	3.0	2	6	2	6	504.0	11.3	4111	.334	1.00	1.11	1.71	.214	-
41		B17-S	12	7	10.8	1.12	.0	1.6	2	6	2	6	504.0	11.2	4101	.337	1.00	1.11	1.71	.122	-
42		B18-S	12	7	10.8	1.82	.0	2.6	2	6	2	6	504.0	12.4	6000	.304	1.00	1.11	1.71	.180	-
43		B19-S	12	7	10.8	1.51	.0	2.3	2	6	2	6	504.0	11.1	6000	.340	1.00	1.11	1.71	.167	-
44		B20-S	12	7	10.8	1.64	.0	2.3	2	6	2	6	504.0	8.5	6010	.444	1.00	1.11	1.71	.236	-
45		B21-S	12	7	10.8	1.89	.0	2.7	2	6	2	6	504.0	9.5	6060	.397	1.00	1.11	1.71	.244	-
46		B22-S	12	7	10.8	2.06	.0	3.1	2	6	2	6	504.0	11.3	6110	.334	1.00	1.11	1.71	.223	-
47		B23-S	12	7	10.8	2.33	.0	3.4	2	6	2	6	504.0	12.0	6100	.314	1.00	1.11	1.71	.238	-
48		B24-S	12	7	10.8	1.62	.0	2.3	2	6	2	6	504.0	9.7	6000	.389	1.00	1.11	1.71	.205	-
49	NILSSON	U1-S	30	50	26.2	54.90	.0	43.9	3	10	5	16	423.0	37.9	4001	.086	.23	1.15	.60	.042	-
50	/4/	U2-S	30	50	26.2	32.70	.0	26.2	3	10	5	16	412.0	30.9	4001	.102	.23	1.15	.60	.031	-
51		U3-S'	30	50	25.0	54.80	.0	36.6	3	10	3	25	398.0	36.6	4001	.128	.16	1.20	.60	.048	-
52		U11-S	20	35	17.5	19.60	.0	19.6	0	0	4	10	442.0	24.9	5000	.091	.00	1.14	.57	.073	-
53		U12-S	20	35	16.9	23.50	.0	23.5	0	0	4	12	429.0	29.6	5000	.111	.00	1.18	.57	.079	-
54		U13-S	20	35	16.9	32.90	.0	32.9	0	0	6	12	424.0	28.4	5000	.171	.00	1.18	.57	.116	-
55		U14-S	20	35	17.5	16.90	.0	16.9	0	0	4	10	431.0	32.0	3000	.069	.00	1.14	.57	.049	-

Positive Rahmenecken Normalbeton /Stiel/									λ_{s1}		λ_{s2}		β_{s1}		β_{s2}		BEW.F											
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	σ	n	σ	β_{s1}	β_{s2}	β_{s1}	β_{s2}			ω	γ	D/H	D/B	m_u	η				
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[mm]		[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]					[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]				
56		U15-S	20	35	16.9	21.20	.0	21.2	0	0	4	12	440.0	24.9	3000	.135	.00	1.18	.57	.085	-	-						
57		U16-S	20	35	16.9	23.50	.0	23.5	0	0	6	12	415.0	25.4	3000	.187	.00	1.18	.57	.093	-	-						
58		U20-S	20	35	17.5	9.80	.0	9.8	0	0	4	10	435.0	22.9	4000	.097	.00	1.14	.57	.040	-	-						
59		U21-S	20	35	16.9	9.40	.0	9.4	0	0	4	12	425.0	28.3	4000	.115	.00	1.18	.57	.033	-	-						
60		U22-S	20	35	16.9	11.60	.0	11.6	0	0	6	12	426.0	29.7	4000	.165	.00	1.18	.57	.039	-	-						
61		U27-S	20	35	16.9	17.70	.0	17.7	0	0	4	12	407.0	23.1	1010	.135	.00	1.18	.57	.077	-	-						
62		U28-S	20	35	16.9	24.10	.0	24.1	4	6	4	12	444.0	22.7	4011	.150	.25	1.18	.57	.106	-	-						
63		UV1-S	20	35	16.9	31.00	.0	31.0	0	0	4	12	423.0	25.4	3102	.127	.00	1.18	.57	.122	-	-						
64		UV2-S	20	35	16.9	30.60	.0	30.6	0	0	4	12	428.0	28.7	3102	.114	.00	1.18	.57	.107	-	-						
65		U23-S	20	35	17.5	22.40	.0	22.4	0	0	4	10	446.0	25.4	6000	.090	.00	1.14	.57	.082	-	-						
66		U24-S	20	35	16.9	26.70	.0	26.7	0	0	4	12	433.0	33.1	6000	.100	.00	1.18	.57	.081	-	-						
67		U25-S	20	35	16.9	35.30	.0	35.3	0	0	6	12	414.0	26.8	6000	.177	.00	1.18	.57	.132	-	-						
68		UV3-S	20	35	16.9	35.30	.0	35.3	0	0	4	12	436.0	26.5	6102	.126	.00	1.18	.57	.133	-	-						
69		UV4-S	20	35	16.9	33.40	.0	33.4	0	0	4	12	415.0	23.1	6102	.137	.00	1.18	.57	.145	-	-						
70		UV5-S	20	35	16.9	34.50	.0	34.5	0	0	4	12	422.0	28.0	6100	.115	.00	1.18	.57	.123	-	-						
71		UV6-S	20	35	16.9	33.40	.0	33.4	0	0	4	12	413.0	24.3	6100	.130	.00	1.18	.57	.137	-	-						
72		UV7-S	20	35	16.9	35.90	.0	35.9	0	0	4	12	413.0	28.3	6100	.112	.00	1.18	.57	.127	-	-						
73		U50-S	20	35	17.5	39.20	.0	39.2	0	0	4	10	666.0	28.0	6100	.122	.00	1.14	.57	.131	-	-						
74		U51-S	20	35	16.9	46.60	.0	46.6	0	0	4	12	658.0	29.3	6100	.172	.00	1.18	.57	.159	-	-						
75		U52-S	20	35	17.5	27.60	.0	27.6	0	0	3	10	607.0	31.0	6100	.075	.00	1.14	.57	.083	-	-						
76		U53-S	20	35	17.5	27.50	.0	27.5	0	0	3	10	652.0	24.8	6200	.101	.00	1.14	.57	.103	-	-						
77		U54-S	20	35	17.5	30.60	.0	30.6	0	0	3	10	652.0	26.3	7100	.095	.00	1.14	.57	.109	-	-						
78		U56-S	20	23	17.5	27.20	.0	27.2	0	0	3	10	603.0	23.5	6100	.145	.00	1.14	.84	.158	-	-						
79		U61-S	20	35	17.5	36.30	.0	36.3	4	10	4	10	631.0	23.0	6101	.141	1.00	1.14	.57	.147	-	-						
80		U57-S	20	35	17.5	20.40	.0	20.4	0	0	3	10	594.0	30.3	6000	.075	.00	1.14	.57	.063	-	-						
81		U59-S	20	35	16.9	33.20	.0	33.2	0	0	4	12	697.0	22.4	6000	.238	.00	1.18	.57	.148	-	-						
82		U50c-S	20	35	16.9	32.20	.0	32.2	0	0	4	10	656.0	25.0	6100	.139	.00	1.18	.57	.129	-	-						
83		U50d-S	20	35	16.9	35.40	.0	35.4	0	0	4	10	679.0	32.0	6100	.113	.00	1.18	.57	.111	-	-						
84	SWANN	1-S	15	15	12.3	1.26	1.1	.0	0	0	2	19	295.0	20.2	1000	.443	.00	1.24	1.00	.027	7.536							
85	/17/	2-S	15	15	12.3	1.73	1.6	.0	2	19	2	19	295.0	25.4	1001	.352	1.00	1.24	1.00	.030	7.113							
86		3-S	15	15	12.3	2.90	2.6	.0	2	19	2	19	295.0	27.8	4001	.322	1.00	1.24	1.00	.045	7.338							
87		4-S	15	15	12.3	5.82	5.2	.0	2	19	2	19	295.0	23.1	6070	.387	1.00	1.24	1.00	.110	7.363							
88		5-S	15	15	12.3	6.26	5.6	.0	2	19	2	19	295.0	23.4	6170	.382	1.00	1.24	1.00	.116	7.354							
89		6-S	15	15	12.3	9.54	8.5	.0	0	0	2	19	295.0	27.3	5070	.328	.00	1.24	1.00	.152	7.384							
90		6'-S	15	15	12.3	8.76	7.8	.0	0	0	2	19	295.0	21.3	5070	.420	.00	1.24	1.00	.179	7.389							
91		7-S	15	15	12.3	10.20	9.1	.0	2	19	2	19	295.0	23.5	5170	.381	1.00	1.24	1.00	.189	7.374							
92		8-S	15	15	12.3	6.26	5.6	.0	2	19	2	19	295.0	23.8	5170	.376	1.00	1.24	1.00	.114	7.354							
93		9-S	15	15	12.3	13.89	12.4	.0	2	19	2	19	295.0	22.9	1011	.391	1.00	1.24	1.00	.264	7.369							
94		10-S	15	15	12.3	15.67	14.0	.0	2	19	2	19	295.0	23.1	1011	.387	1.00	1.24	1.00	.295	7.364							
95		10'-S	15	15	12.3	14.28	12.8	.0	2	19	2	19	295.0	23.6	1011	.379	1.00	1.24	1.00	.263	7.340							
96	BALINT /	NS004/1-S	15	15	13.3	3.55	3.0	.0	3	6	3	6	450.0	26.4	2001	.072	1.00	1.14	1.00	.050	7.785							
97	TAYLOR	NS005-S	15	15	13.2	6.03	5.1	.0	2	8	2	8	450.0	48.9	1011	.046	1.00	1.15	1.00	.047	7.779							
98	/13/	NS008/1-S	15	15	13.2	4.84	4.1	.0	3	10	2	10	450.0	35.8	2001	.098	1.50	1.15	1.00	.051	7.766							
99		NS014/2-S	15	15	12.4	5.83	4.9	.0	3	12	2	12	450.0	23.5	2001	.230	1.50	1.23	1.00	.106	7.828							
100		NS014/3-S	15	15	12.4	2.76	2.3	.0	4	12	2	12	450.0	18.7	4001	.289	2.00	1.23	1.00	.063	7.895							
101		NS014/4-S	15	15	12.4	7.48	6.3	.0	2	6	2	12	450.0	35.7	5001	.151	.25	1.23	1.00	.090	7.811							
102		NS014/5-S	15	15	12.4	13.24	11.1	.0	2	12	2	12	450.0	44.2	1011	.122	1.00	1.23	1.00	.128	7.847							
103		NS020-S	15	15	12.7	9.14	7.7	.0	3	16	2	16	450.0	18.2	3001	.515	1.50	1.20	1.00	.205	7.809							
104		NSM10/1-S	15	15	12.4	9.61	8.1	.0	2	12	2	12	450.0	26.4	3041	.205	1.00	1.23	1.00	.156	7.805							
105		S1001-S	15	15	12.4	10.41	8.7	.0	2	12	2	12	450.0	24.7	3103	.219	1.00	1.23	1.00	.180	7.872							
106		S1002-S	15	15	12.4	12.50	10.5	.0	2	12	2	12	450.0	40.8	3103	.132	1.00	1.23	1.00	.131	7.832							
107		S10R2-S	15	15	12.4	11.37	9.5	.0	2	12	2	12	450.0	29.2	3113	.185	1.00	1.23	1.00	.167	7.874							
108		S10M14/2-	15	15	12.4	9.77	8.2	.0	2	12	2	12	450.0	27.0	3043	.200	1.00	1.23	1.00	.155	7.839							
109		S1501-S	15	15	12.4	13.35	11.2	.0	2	12	2	12	450.0	25.2	3103	.214	1.00	1.23	1.00	.227	7.842							

Positive Rahmenenecken Normalbeton /Stiel/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	λ_{s1} n [mm]	λ_{s2} n [mm]	λ_{s3} n [mm]	λ_{s4} n [mm]	BEW.F	μ [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_y [-]	η [-]		
110	NOOR /19/	S15R1-S	15	15	12.4	12.50	10.4	.0	2	12	2	12	450.0	26.4	3113	.205	1.00	1.23	1.00	.203	7.907
111		S15M14/2-	15	15	12.4	11.11	9.3	.0	2	12	2	12	450.0	28.1	3043	.192	1.00	1.23	1.00	.169	7.859
112		S15M10/1-	15	15	12.4	14.95	12.5	.0	2	12	2	12	450.0	26.7	3043	.202	1.00	1.23	1.00	.240	7.868
113		A1-S	15	80	13.0	21.06	30.1	.0	8	10	8	10	433.0	49.3	4071	.053	1.00	1.15	.19	.032	4.664
114		A1R-S	15	80	13.5	20.61	29.5	.0	8	10	8	10	433.0	53.6	4071	.047	1.00	1.11	.19	.026	4.658
115		A2-S	15	80	13.7	26.77	38.2	.0	8	12	8	12	455.0	43.4	4071	.087	1.00	1.09	.19	.041	4.672
116		A3-S	15	80	13.3	20.83	29.8	.0	8	8	8	8	448.0	54.4	4071	.031	1.00	1.13	.19	.027	4.660
117		A4-S	15	80	13.3	18.82	26.9	.0	11	10	11	10	433.0	39.1	4071	.090	1.00	1.13	.19	.034	4.664
118		B1-S	15	80	13.3	35.17	50.3	.0	8	10	8	10	433.0	45.0	6070	.057	1.00	1.13	.19	.055	4.661
119		B2-S	15	80	13.6	43.68	62.4	.0	8	12	8	12	455.0	59.5	6070	.064	1.00	1.10	.19	.050	4.667
120		B3-S	15	80	13.1	31.25	44.6	.0	8	8	8	8	448.0	37.4	6070	.046	1.00	1.15	.19	.061	4.671
121		B4R-S	15	80	13.3	44.80	64.0	.0	11	10	11	10	433.0	46.7	6070	.075	1.00	1.13	.19	.068	4.667
122		B5-S	15	80	12.9	26.10	37.2	.0	6	10	6	10	433.0	34.8	6070	.057	1.00	1.16	.19	.056	4.677
123		B6-S	15	80	13.2	65.07	92.9	.0	19	10	19	10	416.0	34.8	6070	.169	1.00	1.14	.19	.134	4.670
124		B7R-S	15	80	13.2	45.58	65.0	.0	11	10	11	10	416.0	31.5	6070	.108	1.00	1.14	.19	.104	4.675
125		BD1-S	15	80	13.2	36.29	51.9	.0	11	8	11	8	498.0	32.3	5171	.081	1.00	1.14	.19	.081	4.662
126		BD2-S	15	80	13.2	82.32	117.5	.0	19	10	19	10	416.0	37.4	5171	.157	1.00	1.14	.19	.158	4.671
127		C1-S	15	80	13.2	37.30	53.2	.0	11	8	11	8	498.0	30.6	3071	.085	1.00	1.14	.19	.087	4.674
128		C2-S	15	80	13.2	50.85	72.6	.0	19	10	19	10	416.0	30.6	3071	.192	1.00	1.14	.19	.119	4.669
129	CD1-S	15	80	13.2	31.47	44.9	.0	11	8	11	8	498.0	26.4	3171	.099	1.00	1.14	.19	.086	4.673	
130	CD2-S	15	80	13.2	69.44	99.2	.0	19	10	19	10	416.0	33.2	3171	.177	1.00	1.14	.19	.150	4.667	
131	CD1R-S	15	80	13.2	31.47	44.9	.0	11	8	11	8	498.0	32.3	3171	.081	1.00	1.14	.19	.070	4.673	
132	DOMINGUES /22/	V1-S	15	30	12.5	12.76	17.6	.0	0	0	3	10	447.0	21.0	6000	.134	.00	1.20	.50	.130	4.833
133		V2-S	15	30	12.5	12.90	17.8	.0	0	0	3	10	447.0	24.0	6070	.117	.00	1.20	.50	.115	4.831
134		V3-S	15	30	12.5	13.27	18.3	.0	0	0	3	10	464.0	21.0	6170	.139	.00	1.20	.50	.135	4.834
135		V4-S	15	30	12.5	13.34	18.4	.0	0	0	3	10	467.0	26.0	6170	.113	.00	1.20	.50	.109	4.833
136		V5-S	15	30	12.5	14.87	20.5	.0	0	0	3	10	521.0	24.0	6170	.136	.00	1.20	.50	.132	4.836
137		V6-S	15	30	12.5	14.43	19.9	.0	0	0	3	10	513.0	19.0	6170	.170	.00	1.20	.50	.162	4.834
138		V7-S	15	30	12.5	13.42	18.5	.0	0	0	3	10	466.0	24.0	6170	.122	.00	1.20	.50	.119	4.836
139		V8-S	15	30	12.5	13.63	18.8	.0	0	0	3	10	478.0	21.0	6170	.143	.00	1.20	.50	.138	4.833
140		V9-S	15	30	12.5	14.72	20.3	.0	0	0	3	10	509.0	24.0	6172	.133	.00	1.20	.50	.131	4.834
141		V10-S	15	30	12.5	14.00	19.3	.0	0	0	3	10	503.0	22.0	6172	.144	.00	1.20	.50	.136	4.836
142	V11-S	15	30	12.5	13.92	19.2	.0	0	0	3	10	495.0	21.0	6172	.148	.00	1.20	.50	.141	4.833	
143	V12-S	15	30	12.5	14.21	19.6	.0	0	0	3	10	494.0	21.0	6172	.148	.00	1.20	.50	.144	4.833	
144	V13-S	15	30	12.5	14.35	19.8	.0	0	0	3	10	506.0	25.0	6172	.127	.00	1.20	.50	.122	4.832	
145	V14-S	15	30	12.5	14.64	20.2	.0	0	0	3	10	503.0	30.0	6172	.105	.00	1.20	.50	.104	4.832	
146	V15-S	15	30	12.5	14.50	20.0	.0	0	0	3	10	510.0	27.0	5000	.119	.00	1.20	.50	.115	4.833	
147	V16-S	15	30	12.5	12.76	17.6	.0	0	0	3	10	447.0	25.0	5070	.112	.00	1.20	.50	.109	4.833	
148	KORDINA / FUCHS /14/	E1-S	14	70	12.4	26.90	22.6	22.6	0	0	6	12	475.0	30.0	6070	.124	.00	1.13	.20	.083	8.502
149		E2-S	14	70	12.4	26.90	22.6	22.6	0	0	6	12	475.0	29.1	6070	.128	.00	1.13	.20	.086	8.502
150		E3-S	14	70	12.4	28.60	24.0	24.0	0	0	6	12	475.0	24.7	5070	.150	.00	1.13	.20	.108	8.512
151		E4-S	14	70	12.4	29.80	25.0	25.0	0	0	6	12	475.0	23.8	5070	.156	.00	1.13	.20	.116	8.514
152	E5-S	14	70	12.4	30.30	25.5	25.5	0	0	6	12	475.0	24.7	6270	.150	.00	1.13	.20	.114	8.487	
153	E6-S	14	70	12.4	40.40	33.9	33.9	0	0	6	12	475.0	23.6	6270	.157	.00	1.13	.20	.159	8.512	
154	REHM / STOCKER /23/	A1-S	10	75	8.0	1.71	2.9	2.9	6	10	6	10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.027	5.897
155		A2-S	10	75	8.0	1.81	3.1	3.1	6	10	6	10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.028	5.839
156		A3-S	10	75	8.0	2.01	3.5	3.5	6	10	6	10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.031	5.743
157		A4-S	10	75	8.0	1.81	3.1	3.1	6	10	6	10	420.0	13.3	2300	.248	1.00	1.25	.13	.028	5.839
158		A5-S	10	75	8.0	2.77	4.8	4.8	6	10	6	10	420.0	28.4	2300	.116	1.00	1.25	.13	.020	5.771
159		A6-S	10	75	8.0	3.06	5.3	5.3	6	10	6	10	420.0	28.4	2300	.116	1.00	1.25	.13	.022	5.774
160		B1-S	10	75	8.0	4.24	6.3	6.3	6	10	6	10	420.0	24.7	2400	.134	1.00	1.25	.13	.036	6.730
161		B2-S	10	75	8.0	4.53	6.7	6.7	6	10	6	10	420.0	24.7	2400	.134	1.00	1.25	.13	.038	6.761

Positive Rahmenecken Normalbeton /RIEGEL/										$A_{S'}$		A_S		β_S		β_P		BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	\varnothing	n	\varnothing	[N/mm ²]	[N/mm ²]										
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[mm]		[mm]												
162	WALTHER /	Z-1-R	15	105	13.5	57.90	55.0	55.0	10	12	10	12	515.0	21.5	6000	.191	1.00	1.13	.14	.141	6.926			
163	DIETERLE	Z-2-R	15	105	13.5	17.50	16.6	16.6	10	12	10	12	515.0	19.8	4000	.208	1.00	1.13	.15	.046	6.890			
164	/24/	Z-3-R	15	105	13.3	50.60	47.8	47.8	10	12	10	12	515.0	19.6	6000	.213	1.00	1.14	.14	.139	7.010			
165		Z-3Q-R	15	105	13.5	60.96	57.7	57.7	10	12	10	12	515.0	19.8	6070	.208	1.00	1.13	.15	.161	6.905			

Positive Rahmenecken Leichtbeton /Riegel/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$n \frac{A_{S'}}{\phi}$	$n \frac{A_S}{\phi}$	$\frac{f_{yk}}{f_{ctd}}$	$\frac{f_{yk}}{f_{ctd}}$	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	MAYFIELD /	1-1-R	20	15	14.7	2.50	.0	3.1	4 12	2 12	450.0	21.0	4001	.220	2.00	1.36	1.33	.037	-
2	KONG /	1-2-R	20	15	14.7	2.50	.0	3.1	4 12	2 12	450.0	21.0	4001	.220	2.00	1.36	1.33	.037	-
3	BENNISON /	2-1-R	20	15	14.7	5.70	.0	7.1	2 12	2 12	450.0	19.0	6000	.243	1.00	1.36	1.33	.093	-
4	DAVIS	2-2-R	20	15	14.7	6.20	.0	7.7	2 12	2 12	450.0	19.0	6000	.243	1.00	1.36	1.33	.101	-
5	/18/	3-1-R	20	15	14.7	2.20	.0	2.7	2 12	2 12	450.0	24.0	1001	.192	1.00	1.36	1.33	.028	-
6		4A-1-R	20	15	14.7	3.80	.0	4.7	2 12	2 12	450.0	22.0	1001	.210	1.00	1.36	1.33	.053	-
7		4B-R	20	15	14.7	4.10	.0	5.1	2 12	2 12	450.0	17.0	1001	.272	1.00	1.36	1.33	.074	-
8		4C-R	20	15	14.7	4.30	.0	5.4	2 12	2 12	450.0	17.0	1001	.272	1.00	1.36	1.33	.078	-
9		5A-1-R	20	15	14.7	6.99	.0	8.7	2 12	2 12	450.0	24.5	1011	.188	1.00	1.36	1.33	.088	-
10		5A-2	20	15	14.7	6.50	.0	8.1	2 12	2 12	450.0	25.5	1011	.181	1.00	1.36	1.33	.079	-
11		5B-1-R	20	15	14.7	5.30	.0	6.6	2 12	2 12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.082	-
12		5B-2-R	20	15	14.7	6.00	.0	7.5	2 12	2 12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.093	-
13		5C-1-R	20	15	14.7	6.24	.0	7.8	2 12	2 12	450.0	19.5	1011	.237	1.00	1.36	1.33	.099	-
14		5D-1-R	20	15	14.7	5.36	.0	6.7	2 12	2 12	450.0	17.5	1011	.264	1.00	1.36	1.33	.094	-
15		5E-1-R	20	15	14.7	5.50	.0	6.9	2 16	2 16	450.0	24.5	1011	.335	1.00	1.36	1.33	.069	-
16		5F-1-R	20	15	14.7	4.00	.0	5.0	2 8	2 8	450.0	22.5	1011	.091	1.00	1.36	1.33	.055	-
17		6A-1-R	20	15	14.7	5.90	.0	7.4	2 12	2 12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.089	-
18		6A-2-R	20	15	14.7	6.30	.0	7.9	2 12	2 12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.095	-
19		6B-1-R	20	15	14.7	7.90	.0	9.9	2 12	2 12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.116	-
20		6B-2-R	20	15	14.7	6.90	.0	8.6	2 12	2 12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.101	-
21		6C-1-R	20	15	14.7	7.80	.0	9.7	2 12	2 12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.120	-
22		6C-2-R	20	15	14.7	9.80	.0	12.2	2 12	2 12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.151	-
23		7-1-R	20	15	14.7	7.50	.0	9.4	2 12	2 12	450.0	18.5	1011	.250	1.00	1.36	1.33	.125	-
24		7-2-R	20	15	14.7	7.70	.0	9.6	2 12	2 12	450.0	18.5	1011	.250	1.00	1.36	1.33	.128	-
25		8-1-R	20	15	14.7	6.60	.0	8.2	2 12	2 12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.097	-
26		8-2-R	20	15	14.7	6.30	.0	7.9	2 12	2 12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.093	-
27		9-1-R	20	15	14.7	4.90	.0	6.1	2 12	2 12	450.0	18.5	1021	.250	1.00	1.36	1.33	.082	-
28		9-2-R	20	15	14.7	4.00	.0	5.0	2 12	2 12	450.0	18.5	1021	.250	1.00	1.36	1.33	.067	-
29		10A-1-R	20	15	14.7	4.40	.0	5.5	2 12	2 12	450.0	18.5	1101	.250	1.00	1.36	1.33	.073	-
30		10A-2-R	20	15	14.7	4.10	.0	5.1	2 12	2 12	450.0	18.5	1101	.250	1.00	1.36	1.33	.068	-
31		10B-R	20	15	14.7	3.40	.0	4.2	2 8	2 8	450.0	18.5	1101	.111	1.00	1.36	1.33	.057	-
32		11-R	20	15	14.7	4.40	.0	5.5	2 8	2 8	450.0	17.5	1101	.117	1.00	1.36	1.33	.078	-
33		12-1-R	20	15	14.7	4.80	.0	6.0	2 12	2 12	450.0	20.0	1021	.231	1.00	1.36	1.33	.074	-
34	MAYFIELD /	1-1-R	20	15	15.7	3.67	.0	4.6	2 10	2 10	375.0	20.5	2001	.122	1.00	1.27	1.33	.048	-
35	KONG /	1-2-R	20	15	15.7	3.41	.0	4.3	2 10	2 10	375.0	20.5	2001	.122	1.00	1.27	1.33	.045	-
36	BENNISON	2-1-R	20	15	15.7	3.92	.0	4.9	2 10	2 10	375.0	19.5	2001	.128	1.00	1.27	1.33	.054	-
37	/24/	2-2-R	20	15	15.7	4.27	.0	5.3	2 10	2 10	375.0	19.5	2001	.128	1.00	1.27	1.33	.059	-
38		3-R	20	15	15.7	3.82	.0	4.8	2 10	2 10	375.0	25.0	2001	.100	1.00	1.27	1.33	.041	-
39		4-R	20	15	15.7	5.23	.0	6.5	2 10	2 10	375.0	25.0	2101	.100	1.00	1.27	1.33	.057	-
40		5-1-R	20	15	15.7	5.36	.0	6.7	2 10	2 10	375.0	22.0	2001	.114	1.00	1.27	1.33	.066	-

Positive Rahmenecken Leichtbeton /Riegel/										A_{s1}		A_{s2}		β_{s1}		β_{s2}		BEW. F		ω	γ	D/H	D/B	m_y	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	σ	n	σ	$\{N/mm^2\}$	$\{N/mm^2\}$	$\{N/mm^2\}$	$\{N/mm^2\}$	$\{N/mm^2\}$	$\{N/mm^2\}$	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]													
41		5-2-R	20	15	15.7	5.36	.0	6.7	2	10	2	10	375.0	22.0	2001	.114	1.00	1.27	1.33	.066	-	-	-	-	
42		6-1-R	20	15	15.7	7.05	.0	8.8	2	10	2	10	375.0	15.0	2101	.167	1.00	1.27	1.33	.127	-	-	-	-	
43		6-2-R	20	15	15.7	7.13	.0	8.9	2	10	2	10	375.0	15.0	2101	.167	1.00	1.27	1.33	.129	-	-	-	-	
44		7-1-R	20	15	15.7	4.76	.0	5.9	2	10	2	10	375.0	22.5	2001	.111	1.00	1.27	1.33	.057	-	-	-	-	
45		7-2-R	20	15	15.7	5.64	.0	7.1	2	10	2	10	375.0	22.5	2001	.111	1.00	1.27	1.33	.068	-	-	-	-	
46		8-1-R	20	15	15.7	3.93	.0	4.9	2	10	2	10	375.0	20.0	4001	.125	1.00	1.27	1.33	.053	-	-	-	-	
47		8-2-R	20	15	15.7	4.80	.0	6.0	2	10	2	10	375.0	20.0	4001	.125	1.00	1.27	1.33	.065	-	-	-	-	
48		9-R	20	15	15.7	4.49	.0	5.6	2	10	2	10	375.0	17.5	4001	.143	1.00	1.27	1.33	.069	-	-	-	-	
49		10-R	20	15	15.7	5.44	.0	6.8	2	10	2	10	375.0	17.5	4011	.143	1.00	1.27	1.33	.084	-	-	-	-	
50		11-R	20	15	15.7	7.11	.0	8.9	2	10	2	10	375.0	18.5	4011	.135	1.00	1.27	1.33	.104	-	-	-	-	
51		12-R	20	15	15.7	7.98	.0	10.0	2	10	2	10	375.0	18.5	4011	.135	1.00	1.27	1.33	.117	-	-	-	-	
52		13A-R	20	15	15.7	8.19	.0	10.2	2	10	2	10	375.0	17.5	4111	.143	1.00	1.27	1.33	.127	-	-	-	-	
53		13B-R	20	15	15.7	8.19	.0	10.2	2	10	2	10	375.0	17.5	4111	.143	1.00	1.27	1.33	.127	-	-	-	-	
54		14-R	20	15	15.7	6.67	.0	8.3	2	10	2	10	375.0	16.0	6000	.156	1.00	1.27	1.33	.113	-	-	-	-	
55		15-R	20	15	15.7	7.53	.0	9.4	2	10	2	10	375.0	16.0	6010	.156	1.00	1.27	1.33	.127	-	-	-	-	
56		16-R	20	15	15.7	7.05	.0	8.8	2	10	2	10	375.0	15.0	6010	.167	1.00	1.27	1.33	.127	-	-	-	-	
57		17-R	20	15	15.7	6.62	.0	8.3	2	10	2	10	375.0	15.0	6010	.167	1.00	1.27	1.33	.119	-	-	-	-	
58		18A-R	20	15	15.7	8.11	.0	10.1	2	10	2	10	375.0	17.5	6120	.143	1.00	1.27	1.33	.125	-	-	-	-	
59		18B-R	20	15	15.7	8.80	.0	11.0	2	10	2	10	375.0	17.5	6120	.143	1.00	1.27	1.33	.136	-	-	-	-	
60		19-1-R	20	15	15.7	3.66	.0	4.6	2	10	2	10	375.0	19.5	1001	.128	1.00	1.27	1.33	.051	-	-	-	-	
61		19-2-R	20	15	15.7	4.44	.0	5.5	2	10	2	10	375.0	19.5	1001	.128	1.00	1.27	1.33	.062	-	-	-	-	
62		20-1-R	20	15	15.7	5.05	.0	6.3	2	10	2	10	375.0	19.5	1021	.128	1.00	1.27	1.33	.070	-	-	-	-	
63		20-2-R	20	15	15.7	5.22	.0	6.5	2	10	2	10	375.0	19.5	1021	.128	1.00	1.27	1.33	.072	-	-	-	-	
64		21A-1-R	20	15	15.7	5.36	.0	6.7	2	10	2	10	375.0	18.0	1021	.139	1.00	1.27	1.33	.081	-	-	-	-	
65		21A-2-R	20	15	15.7	5.27	.0	6.6	2	10	2	10	375.0	18.0	1021	.139	1.00	1.27	1.33	.079	-	-	-	-	
66		21B-R	20	15	15.7	6.46	.0	8.1	2	10	2	10	375.0	13.5	1021	.185	1.00	1.27	1.33	.129	-	-	-	-	
67		22A-1-R	20	15	15.7	5.48	.0	6.8	2	10	2	10	375.0	19.0	1021	.132	1.00	1.27	1.33	.078	-	-	-	-	
68		22A-2-R	20	15	15.7	5.48	.0	6.8	2	10	2	10	375.0	19.0	1021	.132	1.00	1.27	1.33	.078	-	-	-	-	
69		22B-R	20	15	15.7	5.53	.0	6.9	2	10	2	10	375.0	13.5	1021	.185	1.00	1.27	1.33	.111	-	-	-	-	
70		22C-R	20	15	15.7	7.62	.0	9.5	2	12	2	12	375.0	16.0	1021	.225	1.00	1.27	1.33	.129	-	-	-	-	
71		23-R	20	15	15.7	5.27	.0	6.6	2	12	2	12	375.0	16.0	1101	.225	1.00	1.27	1.33	.089	-	-	-	-	
72		24A-R	20	15	15.7	7.13	.0	8.9	2	10	2	10	375.0	22.5	1121	.111	1.00	1.27	1.33	.086	-	-	-	-	
73		24B-R	20	15	15.7	6.53	.0	8.2	2	12	2	12	375.0	17.5	1121	.206	1.00	1.27	1.33	.101	-	-	-	-	
74		25A-R	20	15	15.7	8.45	.0	10.6	2	10	2	10	375.0	22.5	1121	.111	1.00	1.27	1.33	.102	-	-	-	-	
75		25B-R	20	15	15.7	7.94	.0	9.9	2	10	2	10	375.0	20.0	1121	.125	1.00	1.27	1.33	.107	-	-	-	-	
76		25C-R	20	15	15.7	5.87	.0	7.3	2	12	2	12	375.0	17.5	1121	.206	1.00	1.27	1.33	.091	-	-	-	-	
77		25D-R	20	15	15.7	7.99	.0	10.0	2	10	2	10	375.0	19.0	1121	.132	1.00	1.27	1.33	.114	-	-	-	-	
78		25E-R	20	15	15.7	8.34	.0	10.4	2	10	2	10	375.0	19.0	1121	.132	1.00	1.27	1.33	.119	-	-	-	-	
79		26A-R	20	15	15.7	9.03	.0	11.3	2	10	2	10	375.0	15.5	1121	.161	1.00	1.27	1.33	.158	-	-	-	-	
80		26B-1-R	20	15	15.7	10.00	.0	12.5	2	10	2	10	375.0	17.5	1121	.143	1.00	1.27	1.33	.155	-	-	-	-	
81		26B-2-R	20	15	15.7	9.06	.0	11.3	2	10	2	10	375.0	17.5	1121	.143	1.00	1.27	1.33	.140	-	-	-	-	
82		26C-R	20	15	15.7	8.66	.0	10.8	2	10	2	10	375.0	20.5	1121	.122	1.00	1.27	1.33	.114	-	-	-	-	
83		26D-R	20	15	15.7	11.35	.0	14.2	2	10	2	10	375.0	20.0	1121	.125	1.00	1.27	1.33	.153	-	-	-	-	
84		26E-R	20	15	15.7	7.21	.0	9.0	2	16	2	16	375.0	17.5	1121	.366	1.00	1.27	1.33	.111	-	-	-	-	
85		26F-R	20	15	15.7	6.84	.0	8.5	2	16	2	16	375.0	17.5	1121	.366	1.00	1.27	1.33	.106	-	-	-	-	
86		27-R	20	15	15.7	8.55	.0	10.7	2	10	2	10	375.0	20.0	1121	.125	1.00	1.27	1.33	.116	-	-	-	-	
87		28-R	20	15	15.7	7.35	.0	9.2	2	10	2	10	375.0	20.5	1121	.122	1.00	1.27	1.33	.097	-	-	-	-	

Positive Rahmenecken Normalbeton /Stiel/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$ $n \phi$	λ_s $n \phi$	β_s (N/mm ²)	β_p (N/mm ²)	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η		
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]				[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
162	WALTHER /	Z-1-S	15	105	13.5	57.90	55.0	55.0	10	12	10	12	515.0	21.5	6000	.191	1.00	1.13	.14	.141	6.926
163	DIETERLE	Z-2-S	15	105	13.5	17.50	16.6	16.6	10	12	10	12	515.0	19.8	4000	.208	1.00	1.13	.15	.046	6.890
164	/24/	Z-3-S	15	105	13.3	50.60	47.8	47.8	10	12	10	12	515.0	19.6	6000	.213	1.00	1.14	.14	.139	7.010
165		Z-3Q-S	15	105	13.5	60.96	57.7	57.7	10	12	10	12	515.0	19.8	6070	.208	1.00	1.13	.15	.161	6.905

Positive Rahmenecken Leichtbeton /Stiel/										A _s '		A _s		β _s		β _p		BEW.F		ω		γ		D/H		D/B		m _u		η	
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	ø	n	ø	[N/mm ²]	[N/mm ²]																	
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[mm]		[mm]																			
1	MAYFIELD /	1-1-S	20	15	14.7	2.81	3.1	.0	4	12	2	12	450.0	21.0	4001	.220	2.00	1.36	1.33	.041											
2	KONG /	1-2-S	20	15	14.7	2.81	3.1	.0	4	12	2	12	450.0	21.0	4001	.220	2.00	1.36	1.33	.041											
3	BENNISON /	2-1-S	20	15	14.7	6.41	7.1	.0	2	12	2	12	450.0	19.0	6000	.243	1.00	1.36	1.33	.104											
4	DAVIS	2-2-S	20	15	14.7	6.97	7.7	.0	2	12	2	12	450.0	19.0	6000	.243	1.00	1.36	1.33	.113											
5	/18/	3-1-S	20	15	14.7	2.47	2.7	.0	2	12	2	12	450.0	24.0	1001	.192	1.00	1.36	1.33	.032											
6		4A-1-S	20	15	14.7	4.27	4.7	.0	2	12	2	12	450.0	22.0	1001	.210	1.00	1.36	1.33	.060											
7		4B-S	20	15	14.7	4.61	5.1	.0	2	12	2	12	450.0	17.0	1001	.272	1.00	1.36	1.33	.084											
8		4C-S	20	15	14.7	4.84	5.4	.0	2	12	2	12	450.0	17.0	1001	.272	1.00	1.36	1.33	.088											
9		5A-1-S	20	15	14.7	7.86	8.7	.0	2	12	2	12	450.0	24.5	1011	.188	1.00	1.36	1.33	.099											
10		5A-2	20	15	14.7	7.31	8.1	.0	2	12	2	12	450.0	25.5	1011	.181	1.00	1.36	1.33	.088											
11		5B-1-S	20	15	14.7	5.96	6.6	.0	2	12	2	12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.092											
12		5B-2-S	20	15	14.7	6.75	7.5	.0	2	12	2	12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.104											
13		5C-1-S	20	15	14.7	7.02	7.8	.0	2	12	2	12	450.0	19.5	1011	.237	1.00	1.36	1.33	.111											
14		5D-1-S	20	15	14.7	6.03	6.7	.0	2	12	2	12	450.0	17.5	1011	.264	1.00	1.36	1.33	.106											
15		5E-1-S	20	15	14.7	6.19	6.9	.0	2	16	2	16	450.0	24.5	1011	.335	1.00	1.36	1.33	.078											
16		5F-1-S	20	15	14.7	4.50	5.0	.0	2	8	2	8	450.0	22.5	1011	.091	1.00	1.36	1.33	.062											
17		6A-1-S	20	15	14.7	6.64	7.4	.0	2	12	2	12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.100											
18		6A-2-S	20	15	14.7	7.09	7.9	.0	2	12	2	12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.107											
19		6B-1-S	20	15	14.7	8.89	9.9	.0	2	12	2	12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.131											
20		6B-2-S	20	15	14.7	7.76	8.6	.0	2	12	2	12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.114											
21		6C-1-S	20	15	14.7	8.77	9.7	.0	2	12	2	12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.135											
22		6C-2-S	20	15	14.7	11.02	12.2	.0	2	12	2	12	450.0	20.0	1011	.231	1.00	1.36	1.33	.170											
23		7-1-S	20	15	14.7	8.44	9.4	.0	2	12	2	12	450.0	18.5	1011	.250	1.00	1.36	1.33	.141											
24		7-2-S	20	15	14.7	8.66	9.6	.0	2	12	2	12	450.0	18.5	1011	.250	1.00	1.36	1.33	.144											
25		8-1-S	20	15	14.7	7.43	8.2	.0	2	12	2	12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.109											
26		8-2-S	20	15	14.7	7.09	7.9	.0	2	12	2	12	450.0	21.0	1011	.220	1.00	1.36	1.33	.104											
27		9-1-S	20	15	14.7	5.51	6.1	.0	2	12	2	12	450.0	18.5	1021	.250	1.00	1.36	1.33	.092											
28		9-2-S	20	15	14.7	4.50	5.0	.0	2	12	2	12	450.0	18.5	1021	.250	1.00	1.36	1.33	.075											
29		10A-1-S	20	15	14.7	4.95	5.5	.0	2	12	2	12	450.0	18.5	1101	.250	1.00	1.36	1.33	.083											
30		10A-2-S	20	15	14.7	4.61	5.1	.0	2	12	2	12	450.0	18.5	1101	.250	1.00	1.36	1.33	.077											
31		10B-S	20	15	14.7	3.82	4.2	.0	2	8	2	8	450.0	18.5	1101	.111	1.00	1.36	1.33	.064											
32		11-S	20	15	14.7	4.95	5.5	.0	2	8	2	8	450.0	17.5	1101	.117	1.00	1.36	1.33	.087											
33		12-1-S	20	15	14.7	5.40	6.0	.0	2	12	2	12	450.0	20.0	1021	.231	1.00	1.36	1.33	.083											
34	MAYFIELD /	1-1-S	20	15	15.7	4.13	4.6	.0	2	10	2	10	375.0	20.5	2001	.122	1.00	1.27	1.33	.054											
35	KONG /	1-2-S	20	15	15.7	3.84	4.3	.0	2	10	2	10	375.0	20.5	2001	.122	1.00	1.27	1.33	.051											
36	BENNISON	2-1-S	20	15	15.7	4.41	4.9	.0	2	10	2	10	375.0	19.5	2001	.128	1.00	1.27	1.33	.061											
37	/24/	2-2-S	20	15	15.7	4.80	5.3	.0	2	10	2	10	375.0	19.5	2001	.128	1.00	1.27	1.33	.067											
38		3-S	20	15	15.7	4.30	4.8	.0	2	10	2	10	375.0	25.0	2001	.100	1.00	1.27	1.33	.047											
39		4-S	20	15	15.7	5.88	6.5	.0	2	10	2	10	375.0	25.0	2101	.100	1.00	1.27	1.33	.064											

Positive Rahmenecken Leichtbeton /Stiel/										$A_{s'}$	$A_{s'}$	$\beta_{s'}$		BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	$m_{ }$	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q		$n_{s'}$	$n_{s'}$	$\beta_{s'}$	$\beta_{s'}$		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
40		5-1-S	20	15	15.7	6.03	6.7	.0		2 10	2 10	375.0	22.0	2001	.114	1.00	1.27	1.33	.074	4.500
41		5-2-S	20	15	15.7	6.03	6.7	.0		2 10	2 10	375.0	22.0	2001	.114	1.00	1.27	1.33	.074	4.500
42		6-1-S	20	15	15.7	7.93	8.8	.0		2 10	2 10	375.0	15.0	2101	.167	1.00	1.27	1.33	.143	4.506
43		6-2-S	20	15	15.7	8.02	8.9	.0		2 10	2 10	375.0	15.0	2101	.167	1.00	1.27	1.33	.145	4.506
44		7-1-S	20	15	15.7	5.35	5.9	.0		2 10	2 10	375.0	22.5	2001	.111	1.00	1.27	1.33	.064	4.534
45		7-2-S	20	15	15.7	6.35	7.1	.0		2 10	2 10	375.0	22.5	2001	.111	1.00	1.27	1.33	.076	4.472
46		8-1-S	20	15	15.7	4.42	4.9	.0		2 10	2 10	375.0	20.0	4001	.125	1.00	1.27	1.33	.060	4.510
47		8-2-S	20	15	15.7	5.40	6.0	.0		2 10	2 10	375.0	20.0	4001	.125	1.00	1.27	1.33	.073	4.500
48		9-S	20	15	15.7	5.05	5.6	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	4001	.143	1.00	1.27	1.33	.078	4.509
49		10-S	20	15	15.7	6.12	6.8	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	4011	.143	1.00	1.27	1.33	.095	4.500
50		11-S	20	15	15.7	8.00	8.9	.0		2 10	2 10	375.0	18.5	4011	.135	1.00	1.27	1.33	.117	4.494
51		12-S	20	15	15.7	8.98	10.0	.0		2 10	2 10	375.0	18.5	4011	.135	1.00	1.27	1.33	.131	4.490
52		13A-S	20	15	15.7	9.21	10.2	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	4111	.143	1.00	1.27	1.33	.142	4.515
53		13B-S	20	15	15.7	9.21	10.2	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	4111	.143	1.00	1.27	1.33	.142	4.515
54		14-S	20	15	15.7	7.50	8.3	.0		2 10	2 10	375.0	16.0	6000	.156	1.00	1.27	1.33	.127	4.518
55		15-S	20	15	15.7	8.47	9.4	.0		2 10	2 10	375.0	16.0	6010	.156	1.00	1.27	1.33	.143	4.505
56		16-S	20	15	15.7	7.93	8.8	.0		2 10	2 10	375.0	15.0	6010	.167	1.00	1.27	1.33	.143	4.506
57		17-S	20	15	15.7	7.45	8.3	.0		2 10	2 10	375.0	15.0	6010	.167	1.00	1.27	1.33	.134	4.488
58		18A-S	20	15	15.7	9.12	10.1	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	6120	.143	1.00	1.27	1.33	.141	4.515
59		18B-S	20	15	15.7	9.90	11.0	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	6120	.143	1.00	1.27	1.33	.153	4.500
60		19-1-S	20	15	15.7	4.12	4.6	.0		2 10	2 10	375.0	19.5	1001	.128	1.00	1.27	1.33	.057	4.478
61		19-2-S	20	15	15.7	4.99	5.5	.0		2 10	2 10	375.0	19.5	1001	.128	1.00	1.27	1.33	.069	4.536
62		20-1-S	20	15	15.7	5.68	6.3	.0		2 10	2 10	375.0	19.5	1021	.128	1.00	1.27	1.33	.079	4.508
63		20-2-S	20	15	15.7	5.87	6.5	.0		2 10	2 10	375.0	19.5	1021	.128	1.00	1.27	1.33	.081	4.515
64		21A-1-S	20	15	15.7	6.03	6.7	.0		2 10	2 10	375.0	18.0	1021	.139	1.00	1.27	1.33	.091	4.500
65		21A-2-S	20	15	15.7	5.93	6.6	.0		2 10	2 10	375.0	18.0	1021	.139	1.00	1.27	1.33	.089	4.492
66		21B-S	20	15	15.7	7.27	8.1	.0		2 10	2 10	375.0	13.5	1021	.185	1.00	1.27	1.33	.146	4.488
67		22A-1-S	20	15	15.7	6.16	6.8	.0		2 10	2 10	375.0	19.0	1021	.132	1.00	1.27	1.33	.088	4.529
68		22A-2-S	20	15	15.7	6.16	6.8	.0		2 10	2 10	375.0	19.0	1021	.132	1.00	1.27	1.33	.088	4.529
69		22B-S	20	15	15.7	6.22	6.9	.0		2 10	2 10	375.0	13.5	1021	.185	1.00	1.27	1.33	.125	4.507
70		22C-S	20	15	15.7	8.57	9.5	.0		2 12	2 12	375.0	16.0	1021	.225	1.00	1.27	1.33	.145	4.511
71		23-S	20	15	15.7	5.93	6.6	.0		2 12	2 12	375.0	16.0	1101	.225	1.00	1.27	1.33	.100	4.492
72		24A-S	20	15	15.7	8.02	8.9	.0		2 10	2 10	375.0	22.5	1121	.111	1.00	1.27	1.33	.096	4.506
73		24B-S	20	15	15.7	7.35	8.2	.0		2 12	2 12	375.0	17.5	1121	.206	1.00	1.27	1.33	.114	4.482
74		25A-S	20	15	15.7	9.51	10.6	.0		2 10	2 10	375.0	22.5	1121	.111	1.00	1.27	1.33	.114	4.486
75		25B-S	20	15	15.7	8.93	9.9	.0		2 10	2 10	375.0	20.0	1121	.125	1.00	1.27	1.33	.121	4.510
76		25C-S	20	15	15.7	6.60	7.3	.0		2 12	2 12	375.0	17.5	1121	.206	1.00	1.27	1.33	.102	4.521
77		25D-S	20	15	15.7	8.99	10.0	.0		2 10	2 10	375.0	19.0	1121	.132	1.00	1.27	1.33	.128	4.495
78		25E-S	20	15	15.7	9.38	10.4	.0		2 10	2 10	375.0	19.0	1121	.132	1.00	1.27	1.33	.134	4.510
79		26A-S	20	15	15.7	10.16	11.3	.0		2 10	2 10	375.0	15.5	1121	.161	1.00	1.27	1.33	.177	4.496
80		26B-1-S	20	15	15.7	11.25	12.5	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	1121	.143	1.00	1.27	1.33	.174	4.500
81		26B-2-S	20	15	15.7	10.19	11.3	.0		2 10	2 10	375.0	17.5	1121	.143	1.00	1.27	1.33	.157	4.509
82		26C-S	20	15	15.7	9.74	10.8	.0		2 10	2 10	375.0	20.5	1121	.122	1.00	1.27	1.33	.129	4.509
83		26D-S	20	15	15.7	12.77	14.2	.0		2 10	2 10	375.0	20.0	1121	.125	1.00	1.27	1.33	.173	4.496
84		26E-S	20	15	15.7	8.11	9.0	.0		2 16	2 16	375.0	17.5	1121	.366	1.00	1.27	1.33	.125	4.506
85		26F-S	20	15	15.7	7.69	8.5	.0		2 16	2 16	375.0	17.5	1121	.366	1.00	1.27	1.33	.119	4.524
86		27-S	20	15	15.7	9.62	10.7	.0		2 10	2 10	375.0	20.0	1121	.125	1.00	1.27	1.33	.130	4.495
87		28-S	20	15	15.7	8.27	9.2	.0		2 10	2 10	375.0	20.5	1121	.122	1.00	1.27	1.33	.109	4.495

Winkelstützmauern /Wand/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$		λ_s		β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	ϕ	n	ϕ	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	NILSSON	U70-R	25	35	22.5	36.00	32.0	.0	0	0	4	10	667.0	21.8	2000	.122	.00	1.11	.71	.093	4.500
2	/4/	U71-R	25	35	22.5	41.90	37.2	.0	0	0	4	10	679.0	54.4	6100	.050	.00	1.11	.71	.043	4.505
3		U72-R	25	35	22.5	41.90	37.3	.0	0	0	4	10	675.0	43.6	6100	.062	.00	1.11	.71	.054	4.493
4		U73-R	25	35	22.5	27.20	24.2	.0	0	0	4	10	719.0	25.1	3000	.114	.00	1.11	.71	.061	4.496
5		U74-R	25	35	22.5	21.20	18.8	.0	0	0	4	10	614.0	35.4	4000	.069	.00	1.11	.71	.034	4.511
6		U75-R	25	35	22.5	40.80	36.3	.0	0	0	4	10	601.0	29.3	2100	.082	.00	1.11	.71	.079	4.496
7		U76-R	25	35	22.5	37.10	33.0	.0	0	0	4	10	679.0	28.1	2000	.096	.00	1.11	.71	.075	4.497
8		U77-R	25	35	22.5	38.90	34.6	.0	0	0	4	10	679.0	27.5	2000	.099	.00	1.11	.71	.080	4.497
9		U78-R	25	35	22.5	36.90	32.8	.0	0	0	4	10	679.0	27.4	2000	.099	.00	1.11	.71	.076	4.500

Winkelstützmauern /Bodenplatte/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η		
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	ϕ	n	ϕ	[N/mm2]	[N/mm2]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
1	NILSSON	U70-S	20	35	17.5	32.00	.0	32.0	0	0	4	10	667.0	21.8	2000	.157	.00	1.14	.57	.137	- -
2	/4/	U71-S	20	35	17.5	37.20	.0	37.2	0	0	4	10	679.0	54.4	6100	.064	.00	1.14	.57	.064	- -
3		U72-S	20	35	17.5	37.30	.0	37.3	0	0	4	10	675.0	43.6	6100	.079	.00	1.14	.57	.080	- -
4		U73-S	20	35	17.5	24.20	.0	24.2	0	0	4	10	719.0	25.1	3000	.147	.00	1.14	.57	.090	- -
5		U74-S	20	35	17.5	18.80	.0	18.8	0	0	4	10	614.0	35.4	4000	.089	.00	1.14	.57	.050	- -
6		U75-S	20	35	17.5	36.30	.0	36.3	0	0	4	10	601.0	29.3	2100	.105	.00	1.14	.57	.116	- -
7		U76-S	20	35	17.5	33.00	.0	33.0	0	0	4	10	679.0	28.1	2000	.124	.00	1.14	.57	.110	- -
8		U77-S	20	35	17.5	34.60	.0	34.6	0	0	4	10	679.0	27.5	2000	.127	.00	1.14	.57	.117	- -
9		U78-S	20	35	17.5	32.80	.0	32.8	0	0	4	10	679.0	27.4	2000	.127	.00	1.14	.57	.112	- -

Stumpfe Rahmenecken Normalbeton /Riegel																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$		$\lambda_{s\phi}$		$\beta_{s\phi}$	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_{η}	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	σ_s	n	σ_s	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	KORDINA	T1	12	100	10.0	23.90	.0	.0	0	0	10	12	420.0	28.5	4000	.167	.00	1.24	.12	.084	-
2	/8/	T2	12	100	9.3	19.20	.0	.0	9	12	10	12	420.0	31.9	4001	.160	.90	1.34	.13	.070	-
3		T3	12	100	9.6	25.10	.0	.0	9	12	10	12	420.0	25.8	4011	.192	.90	1.27	.12	.106	-
4		T4	12	100	9.5	35.20	.0	.0	9	10	10	12	420.0	26.4	4011	.189	.63	1.28	.12	.148	-
5		T5	12	100	9.9	38.80	.0	.0	0	0	11	12	420.0	21.8	6170	.242	.00	1.24	.12	.182	-
6		T6	12	100	9.9	45.80	.0	.0	0	0	10	12	420.0	36.7	6170	.131	.00	1.22	.12	.127	-
7	NILSSON	V1	20	20	16.9	10.50	.0	.0	0	0	3	12	401.0	30.6	4000	.132	.00	1.18	1.00	.060	-
8	/4/	V2	20	20	16.9	18.80	.0	.0	0	0	3	12	403.0	27.8	6000	.146	.00	1.18	1.00	.118	-
9		V3	20	20	16.9	29.10	.0	.0	0	0	3	12	402.0	32.4	6100	.125	.00	1.18	1.00	.157	-
10		V4	20	20	16.9	30.30	.0	.0	0	0	3	12	466.0	42.7	6100	.110	.00	1.18	1.00	.124	-
11		V5	20	20	16.9	21.20	.0	.0	0	0	3	12	464.0	24.9	6100	.187	.00	1.18	1.00	.149	-
12		V10	20	20	16.9	27.10	.0	.0	0	0	3	12	659.0	30.4	6100	.218	.00	1.18	1.00	.156	-
13		V11	20	20	17.5	24.80	.0	.0	0	0	3	10	662.0	26.2	6100	.170	.00	1.14	1.00	.155	-
14		V12	20	20	16.9	27.10	.0	.0	0	0	3	12	657.0	31.4	6100	.210	.00	1.18	1.00	.151	-
15		V13	20	20	17.5	27.10	.0	.0	0	0	3	10	668.0	33.4	6100	.135	.00	1.14	1.00	.132	-
16		V14	20	20	17.6	18.60	.0	.0	0	0	3	8	635.0	31.1	6100	.087	.00	1.14	1.00	.097	-
17		V15	20	20	17.5	17.40	.0	.0	0	0	2	10	637.0	29.0	6100	.099	.00	1.14	1.00	.098	-
18		V16	20	20	17.5	17.70	.0	.0	0	0	2	10	602.0	24.8	6100	.109	.00	1.14	1.00	.117	-
19		V17	20	20	17.5	10.60	.0	.0	0	0	1	10	662.0	24.6	6100	.060	.00	1.14	1.00	.070	-
20		V21	20	20	16.9	29.80	.0	.0	0	0	3	12	663.0	22.1	6110	.301	.00	1.18	1.00	.236	-

Stumpfe Rahmenecken Normalbeton /Stiel/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	$\lambda_{s\phi}$	$\beta_{s\phi}$	$\beta_{D\phi}$	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η		
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	n	[N/mm2]	[N/mm2]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
1	KORDINA	T1	12	100	10.0	23.90	.0	.0	0	0	10	12	420.0	28.5	4000	.167	.00	1.24	.12	.084	-
2	/8/	T2	12	100	9.3	19.20	.0	.0	9	12	10	12	420.0	31.9	4001	.160	.90	1.34	.13	.070	-
3		T3	12	100	9.6	25.10	.0	.0	9	12	10	12	420.0	25.8	4011	.192	.90	1.27	.12	.106	-
4		T4	12	100	9.5	35.20	.0	.0	9	10	10	12	420.0	26.4	4011	.189	.63	1.28	.12	.148	-
5		T5	12	100	9.9	38.80	.0	.0	0	0	11	12	420.0	21.8	6170	.242	.00	1.24	.12	.182	-
6		T6	12	100	9.9	45.80	.0	.0	0	0	10	12	420.0	36.7	6170	.131	.00	1.22	.12	.127	-
7	NILSSON	V1	20	20	16.9	10.50	.0	.0	0	0	3	12	401.0	30.6	4000	.132	.00	1.18	1.00	.060	-
8	/4/	V2	20	20	16.9	18.80	.0	.0	0	0	3	12	403.0	27.8	6000	.146	.00	1.18	1.00	.118	-
9		V3	20	20	16.9	29.10	.0	.0	0	0	3	12	402.0	32.4	6100	.125	.00	1.18	1.00	.157	-
10		V4	20	20	16.9	30.30	.0	.0	0	0	3	12	466.0	42.7	6100	.110	.00	1.18	1.00	.124	-
11		V5	20	20	16.9	21.20	.0	.0	0	0	3	12	464.0	24.9	6100	.187	.00	1.18	1.00	.149	-
12		V10	20	20	16.9	27.10	.0	.0	0	0	3	12	659.0	30.4	6100	.218	.00	1.18	1.00	.156	-
13		V11	20	20	17.5	24.80	.0	.0	0	0	3	10	662.0	26.2	6100	.170	.00	1.14	1.00	.155	-
14		V12	20	20	16.9	27.10	.0	.0	0	0	3	12	657.0	31.4	6100	.210	.00	1.18	1.00	.151	-
15		V13	20	20	17.5	27.10	.0	.0	0	0	3	10	668.0	33.4	6100	.135	.00	1.14	1.00	.132	-
16		V14	20	20	17.6	18.60	.0	.0	0	0	3	8	635.0	31.1	6100	.087	.00	1.14	1.00	.097	-
17		V15	20	20	17.5	17.40	.0	.0	0	0	2	10	637.0	29.0	6100	.099	.00	1.14	1.00	.098	-
18		V16	20	20	17.5	17.70	.0	.0	0	0	2	10	602.0	24.8	6100	.109	.00	1.14	1.00	.117	-
19		V17	20	20	17.5	10.60	.0	.0	0	0	1	10	662.0	24.6	6100	.060	.00	1.14	1.00	.070	-
20		V21	20	20	16.9	29.80	.0	.0	0	0	3	12	663.0	22.1	6110	.301	.00	1.18	1.00	.236	-

Spitze Rahmenecken Normalbeton /Riegel

NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	$\lambda_{s'}$ n [mm]	λ_s n [mm]	β_s [N/mm ²]	β_p [N/mm ²]	BEW.F	ω [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_u [-]	η [-]			
1	NILSSON	V51	20	26	17.5	11.60	.0	.0	0	0	3	10	584.0	31.8	4102	.092	.00	1.14	.75	.044	-	-
2	/4/	V53	20	26	17.5	26.30	.0	.0	0	0	3	10	665.0	27.5	6102	.121	.00	1.14	.75	.117	-	-
3		V54	20	26	17.5	25.90	.0	.0	0	0	3	10	680.0	26.1	6102	.131	.00	1.14	.75	.121	-	-

Spitze Rahmenecken Normalbeton /Stiel/

NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η	
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
1	NILSSON	V51	20	26	17.5	11.60	.0	.0	0	0	3	10	584.0	31.8	4102	.092	1.14	.75	.044	-
2	/4/	V53	20	26	17.5	26.30	.0	.0	0	0	3	10	665.0	27.5	6102	.121	1.14	.75	.117	-
3		V54	20	26	17.5	25.90	.0	.0	0	0	3	10	680.0	26.1	6102	.131	1.14	.75	.121	-

Negative Rahmenecken Normalbeton /Stiel/										$\lambda_{S'}$	λ_S	β_S	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η	
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q		$n \frac{\lambda_{S'}}{\sigma}$	$n \frac{\lambda_S}{\sigma}$	β_S	β_D								
			[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm2]	[N/mm2]			[mm]	[mm]	[N/mm2]	[N/mm2]			[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	KORDINA /	V7-S	90	25	84.0	971.30	-265.0	265.0	2	12	10	20	409.9	25.5	1072	.240	.07	1.07	3.60	.216	-4.073
2	WIEDEMANN/7/	V9-S	60	84	53.9	953.10	-455.0	455.0	6	12	6	28	447.0	34.0	3032	.107	.18	1.11	.71	.115	-3.491
3	STROBAND /	A1-S	12	7	10.8	2.95	-11.5	4.2	2	6	2	6	450.0	16.9	1002	.199	1.00	1.11	1.71	.214	-2.138
4	KOLPA	A2-S	12	7	10.8	3.51	-12.8	5.0	2	6	2	6	450.0	21.3	1052	.158	1.00	1.11	1.71	.202	-2.285
5	/25/	A3-S	12	7	10.8	3.51	-12.3	5.0	2	6	2	6	450.0	19.3	1062	.174	1.00	1.11	1.71	.223	-2.378
6		A4-S	12	7	10.8	3.44	-12.4	4.9	2	6	2	6	450.0	18.6	1002	.181	1.00	1.11	1.71	.227	-2.312
7		A5-S	12	7	10.8	3.51	-12.7	5.0	2	6	2	6	450.0	20.8	1052	.162	1.00	1.11	1.71	.207	-2.303
8		A6-S	12	7	10.8	3.79	-13.2	5.4	2	6	2	6	450.0	18.6	1062	.181	1.00	1.11	1.71	.250	-2.393
9		A7-S	12	7	10.8	3.30	-12.9	4.7	2	6	2	6	450.0	19.2	1002	.175	1.00	1.11	1.71	.211	-2.132
10		A8-S	12	7	10.8	3.86	-13.2	5.5	2	6	2	6	450.0	21.3	1052	.158	1.00	1.11	1.71	.222	-2.437
11		A9-S	12	7	10.8	3.93	-13.8	5.6	2	6	2	6	450.0	19.3	1062	.174	1.00	1.11	1.71	.249	-2.373
12		A10-S	12	7	10.8	2.81	-11.4	4.0	2	6	2	6	450.0	16.9	4000	.199	1.00	1.11	1.71	.204	-2.054
13		A11-S	12	7	10.8	3.02	-12.2	4.3	2	6	2	6	450.0	20.8	4050	.162	1.00	1.11	1.71	.178	-2.063
14		A12-S	12	7	10.8	3.86	-13.8	5.5	2	6	2	6	450.0	19.3	4060	.174	1.00	1.11	1.71	.245	-2.331
15		A13-S	12	7	10.8	3.02	-11.8	4.3	2	6	2	6	450.0	18.6	4000	.181	1.00	1.11	1.71	.199	-2.133
16		A14-S	12	7	10.8	3.58	-12.8	5.1	2	6	2	6	450.0	16.9	4050	.199	1.00	1.11	1.71	.259	-2.331
17		A15-S	12	7	10.8	3.58	-13.5	5.1	2	6	2	6	450.0	20.8	4060	.162	1.00	1.11	1.71	.211	-2.210
18		A16-S	12	7	10.8	3.16	-12.0	4.5	2	6	2	6	450.0	19.2	4000	.175	1.00	1.11	1.71	.202	-2.194
19		A17-S	12	7	10.8	3.58	-12.7	5.1	2	6	2	6	450.0	21.3	4050	.158	1.00	1.11	1.71	.206	-2.349
20		A18-S	12	7	10.8	4.00	-14.1	5.7	2	6	2	6	450.0	19.2	4060	.175	1.00	1.11	1.71	.255	-2.364
21		A19-S	12	7	10.8	2.60	-10.9	3.7	2	6	2	6	450.0	18.1	2062	.186	1.00	1.11	1.71	.176	-1.988
22		A20-S	12	7	10.8	3.37	-12.5	4.8	2	6	2	6	450.0	18.1	2062	.186	1.00	1.11	1.71	.228	-2.247
23		A21-S	12	7	10.8	3.65	-12.8	5.2	2	6	2	6	450.0	18.1	2062	.186	1.00	1.11	1.71	.247	-2.376
24		A22-S	12	7	10.8	3.37	-16.1	4.8	2	6	2	6	450.0	17.8	1002	.189	1.00	1.11	1.71	.232	-1.744
25		A23-S	12	7	10.8	3.23	-15.1	4.6	2	6	2	6	450.0	17.8	1052	.189	1.00	1.11	1.71	.222	-1.783
26		A24-S	12	7	10.8	3.16	-16.1	4.5	2	6	2	6	450.0	17.0	1052	.198	1.00	1.11	1.71	.228	-1.636
27		A25-S	12	7	10.8	2.32	-9.4	3.3	2	6	2	6	450.0	9.5	1052	.354	1.00	1.11	1.71	.299	-2.057
28		A26-S	12	7	10.8	2.18	-9.0	3.1	2	6	2	6	450.0	9.5	2062	.354	1.00	1.11	1.71	.281	-2.019
29		A27-S	12	7	10.8	2.32	-9.6	3.3	2	6	2	6	450.0	9.0	2062	.374	1.00	1.11	1.71	.316	-2.014
30		A28-S	12	7	10.8	1.83	-9.6	2.6	2	6	2	6	450.0	7.1	1002	.474	1.00	1.11	1.71	.316	-1.589
31		A29-S	12	7	10.8	2.11	-10.8	3.0	2	6	2	6	450.0	10.6	1052	.318	1.00	1.11	1.71	.244	-1.628
32		A30-S	12	7	10.8	1.97	-10.5	2.8	2	6	2	6	450.0	9.3	4000	.362	1.00	1.11	1.71	.259	-1.563
33		A31-S	12	7	10.8	2.46	-12.9	3.5	2	6	2	6	450.0	9.8	4050	.343	1.00	1.11	1.71	.307	-1.589
34		A32-S	12	7	10.8	2.18	-11.6	3.1	2	6	2	6	450.0	9.0	4050	.374	1.00	1.11	1.71	.297	-1.566
35		A33-S	12	7	10.8	2.46	-13.5	3.5	2	6	2	6	450.0	9.8	4050	.343	1.00	1.11	1.71	.307	-1.519
36	SWANN	103-S	15	15	12.3	13.49	-12.1	.0	2	19	2	19	295.0	23.3	5080	.384	1.00	1.24	1.00	.252	-7.335
37	/17/	104-S	15	15	12.3	13.09	-11.7	.0	2	19	2	19	295.0	22.9	4080	.391	1.00	1.24	1.00	.249	-7.361
38		106-S	15	15	12.3	13.71	-12.3	.0	2	19	2	19	295.0	22.4	4080	.399	1.00	1.24	1.00	.266	-7.333
39		109-S	15	15	12.3	14.81	-13.3	.0	2	19	2	19	295.0	19.9	1011	.450	1.00	1.24	1.00	.324	-7.326
40		110-S	15	15	12.3	17.32	-15.5	.0	2	19	2	19	295.0	22.0	1011	.407	1.00	1.24	1.00	.342	-7.351
41	BALINT /	NS004/2-S	15	15	13.3	4.76	-4.0	.0	2	6	3	6	450.0	26.9	1002	.070	.67	1.14	1.00	.066	-7.829
42	TAYLOR	NS008/2-S	15	15	13.2	8.97	-7.5	.0	2	10	3	10	450.0	32.2	1002	.164	.67	1.15	1.00	.105	-7.868
43	/13/	NS014/1-S	15	15	12.4	15.17	-12.7	.0	2	12	3	12	450.0	21.7	1002	.373	.67	1.23	1.00	.299	-7.858
44		NSM10/2-S	15	15	12.4	14.79	-12.4	.0	2	12	2	12	450.0	25.2	1042	.214	1.00	1.23	1.00	.251	-7.847
45		S10R1-S	15	15	12.4	14.12	-11.8	.0	2	12	2	12	450.0	31.6	1114	.171	1.00	1.23	1.00	.191	-7.872
46		S10M14/1-	15	15	12.4	15.31	-12.8	.0	2	12	2	12	450.0	35.8	1044	.151	1.00	1.23	1.00	.183	-7.869
47		S15R2-S	15	15	12.4	15.61	-13.1	.0	2	12	2	12	450.0	27.5	1114	.196	1.00	1.23	1.00	.243	-7.839
48		S15M14/1-	15	15	12.4	14.31	-12.0	.0	2	12	2	12	450.0	25.2	1044	.214	1.00	1.23	1.00	.243	-7.845
49		S15M10/2-	15	15	12.4	14.74	-12.3	.0	2	12	2	12	450.0	32.9	1044	.164	1.00	1.23	1.00	.192	-7.884

Negative Rahmenecken Normalbeton /Stiel/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η		
			[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm2]	[N/mm2]		n	ϕ	n	ϕ	[N/mm2]	[N/mm2]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
50	OESTLUND	V1-S	30	20	26.8	54.97	-73.5	73.5	0	0	2	16	600.0	27.7	1000	.163	.00	1.12	1.50	.138	-2.493
51	/26/	V2-S	30	20	26.8	34.40	-46.0	46.0	0	0	2	16	600.0	12.5	1000	.360	.00	1.12	1.50	.192	-2.493
52		V3-S	30	20	26.8	63.67	-84.9	84.9	0	0	2	16	600.0	27.8	1000	.162	.00	1.12	1.50	.159	-2.500
53		V4-S	30	20	26.8	47.78	-63.6	63.6	0	0	2	16	600.0	14.7	1000	.306	.00	1.12	1.50	.226	-2.504
54		V5-S	30	20	26.8	68.70	-91.9	91.9	0	0	2	16	600.0	27.2	1000	.165	.00	1.12	1.50	.176	-2.492
55		V6-S	30	20	26.8	55.90	-74.2	74.2	0	0	2	16	600.0	14.6	1000	.308	.00	1.12	1.50	.267	-2.511
56		V7-S	30	20	26.8	40.32	-53.7	53.7	0	0	2	16	600.0	18.4	1000	.245	.00	1.12	1.50	.153	-2.503
57		V8-S	30	20	26.8	68.70	-91.9	91.9	0	0	2	16	600.0	38.0	1000	.118	.00	1.12	1.50	.126	-2.492
58		V9-S	30	20	25.6	55.80	-74.2	74.2	0	0	2	22	400.0	18.4	1000	.323	.00	1.17	1.50	.231	-2.507
59		V10-S	30	20	25.6	71.68	-95.5	95.5	0	0	2	22	400.0	37.9	1000	.157	.00	1.17	1.50	.144	-2.502
60		V11-S	30	20	25.6	55.50	-74.2	74.2	0	0	2	22	400.0	19.0	1000	.313	.00	1.17	1.50	.223	-2.493
61		V12-S	30	20	25.6	59.09	-79.2	79.2	0	0	2	22	400.0	14.0	1000	.424	.00	1.17	1.50	.322	-2.487
62	WALTHER /	D-1-S	15	100	13.3	66.20	-63.0	63.0	0	0	10	12	515.0	19.5	4000	.225	.00	1.13	.15	.192	-7.005
63	DIETERLE	D-1F-S	15	100	13.3	64.70	-61.0	61.0	0	0	10	12	515.0	19.5	4000	.225	.00	1.13	.15	.188	-7.071
64	/16/	D-2-S	15	105	13.0	56.00	-53.0	53.0	0	0	10	12	515.0	15.0	1000	.284	.00	1.15	.14	.210	-7.044
65		D-3-S	15	105	12.7	61.50	-58.0	58.0	0	0	14	10	546.0	15.0	4000	.300	.00	1.18	.14	.242	-7.069
66		D-4-S	15	105	13.5	61.50	-58.0	58.0	0	0	10	12	515.0	19.2	4000	.214	.00	1.13	.14	.167	-6.976
67		D-1Q-S	15	105	13.0	77.50	-73.0	73.0	0	0	10	12	515.0	19.2	4080	.222	.00	1.15	.14	.227	-7.078
68		D-2F-S	15	105	13.6	75.80	-72.0	72.0	0	0	10	12	515.0	19.6	4080	.208	.00	1.13	.15	.199	-6.836

Negative Rahmenecken Leichtbeton /Stiel/																							
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η				
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	ϕ	n	ϕ	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
1	MAYFIELD /	1-3-S	20	15	14.7	27.40	-21.9	.0	2	12	2	12	450.0	21.0	5000	.220	1.00	1.36	1.33	.403	-6.256		
2	KONG /	1-4-S	20	15	14.7	30.10	-24.1	.0	2	12	2	12	450.0	21.0	5000	.220	1.00	1.36	1.33	.442	-6.245		
3	BENNISON /	2-3-S	20	15	14.7	12.20	-9.8	.0	2	12	2	12	450.0	19.0	4000	.243	1.00	1.36	1.33	.198	-6.224		
4	DAVIS	2-4-S	20	15	14.7	15.10	-12.1	.0	2	12	2	12	450.0	19.0	4000	.243	1.00	1.36	1.33	.245	-6.240		
5	/18/	3-2-S	20	15	14.7	17.00	-13.6	.0	2	12	2	12	450.0	24.0	1001	.192	1.00	1.36	1.33	.219	-6.250		
6		4A-2-S	20	15	14.7	17.80	-14.2	.0	2	12	2	12	450.0	22.0	1001	.210	1.00	1.36	1.33	.250	-6.268		
7		5A-3-S	20	15	14.7	15.30	-12.2	.0	2	12	2	12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.230	-6.270		
8		5A-4-S	20	15	14.7	16.10	-12.9	.0	2	12	2	12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.242	-6.240		
9		5B-3-S	20	15	14.7	16.70	-13.4	.0	2	12	2	12	450.0	23.0	1011	.201	1.00	1.36	1.33	.224	-6.231		
10		5B-4-S	20	15	14.7	18.50	-14.8	.0	2	12	2	12	450.0	23.0	1011	.201	1.00	1.36	1.33	.248	-6.250		
11		5C-2-S	20	15	14.7	15.60	-12.5	.0	2	12	2	12	450.0	19.5	1011	.237	1.00	1.36	1.33	.247	-6.240		
12		5D-2-S	20	15	14.7	17.10	-13.7	.0	2	12	2	12	450.0	17.5	1011	.264	1.00	1.36	1.33	.301	-6.241		
13		5E-2-S	20	15	14.7	18.80	-15.0	.0	2	12	2	16	450.0	24.5	1011	.335	.56	1.36	1.33	.237	-6.267		
14		5F-2-S	20	15	14.7	9.10	-7.3	.0	2	12	2	8	450.0	22.5	1011	.091	2.25	1.36	1.33	.125	-6.233		
15		12-2-S	20	15	14.7	17.20	-13.8	.0	2	12	2	12	450.0	20.0	1021	.231	1.00	1.36	1.33	.265	-6.232		

Negative Rahmenecken Normalbeton /Riegel/									λ_{s1}		λ_{s2}		β_{s1}		β_{p1}		BEW.F		ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	ϕ	n	ϕ	β_{s1}	β_{p1}										
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[mm]		[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]					[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	KORDINA /	V7-R	90	25	84.0	971.30	-265.0	265.0	2	12	10	20	409.9	25.5	1072				.240	.07	1.07	3.60	.216	-4.073
2	WIEDEMANN/7/	V9-R	60	84	53.9	953.10	-455.0	455.0	6	12	6	28	447.0	34.0	3032				.107	.18	1.11	.71	.115	-3.491
3	STROBAND /	A1-R	12	7	10.8	2.60	-4.2	11.5	2	6	2	6	450.0	16.9	1002				.199	1.00	1.11	1.71	.188	-5.159
4	KOLPA	A2-R	12	7	10.8	3.14	-5.0	12.8	2	6	2	6	450.0	21.3	1052				.158	1.00	1.11	1.71	.181	-5.233
5	/25/	A3-R	12	7	10.8	3.16	-5.0	12.3	2	6	2	6	450.0	19.3	1062				.174	1.00	1.11	1.71	.201	-5.267
6		A4-R	12	7	10.8	3.08	-4.9	12.4	2	6	2	6	450.0	18.6	1002				.181	1.00	1.11	1.71	.203	-5.238
7		A5-R	12	7	10.8	3.14	-5.0	12.7	2	6	2	6	450.0	20.8	1052				.162	1.00	1.11	1.71	.185	-5.233
8		A6-R	12	7	10.8	3.42	-5.4	13.2	2	6	2	6	450.0	18.6	1062				.181	1.00	1.11	1.71	.225	-5.278
9		A7-R	12	7	10.8	2.91	-4.7	12.9	2	6	2	6	450.0	19.2	1002				.175	1.00	1.11	1.71	.186	-5.160
10		A8-R	12	7	10.8	3.49	-5.5	13.2	2	6	2	6	450.0	21.3	1052				.158	1.00	1.11	1.71	.201	-5.288
11		A9-R	12	7	10.8	3.54	-5.6	13.8	2	6	2	6	450.0	19.3	1062				.174	1.00	1.11	1.71	.225	-5.268
12		A10-R	12	7	10.8	2.46	-4.0	11.4	2	6	2	6	450.0	16.9	4000				.199	1.00	1.11	1.71	.178	-5.125
13		A11-R	12	7	10.8	2.64	-4.3	12.2	2	6	2	6	450.0	20.8	4050				.162	1.00	1.11	1.71	.155	-5.116
14		A12-R	12	7	10.8	3.47	-5.5	13.8	2	6	2	6	450.0	19.3	4060				.174	1.00	1.11	1.71	.220	-5.258
15		A13-R	12	7	10.8	2.66	-4.3	11.8	2	6	2	6	450.0	18.6	4000				.181	1.00	1.11	1.71	.175	-5.155
16		A14-R	12	7	10.8	3.21	-5.1	12.8	2	6	2	6	450.0	16.9	4050				.199	1.00	1.11	1.71	.233	-5.245
17		A15-R	12	7	10.8	3.18	-5.1	13.5	2	6	2	6	450.0	20.8	4060				.162	1.00	1.11	1.71	.187	-5.196
18		A16-R	12	7	10.8	2.80	-4.5	12.0	2	6	2	6	450.0	19.2	4000				.175	1.00	1.11	1.71	.179	-5.185
19		A17-R	12	7	10.8	3.22	-5.1	12.7	2	6	2	6	450.0	21.3	4050				.158	1.00	1.11	1.71	.185	-5.261
20		A18-R	12	7	10.8	3.60	-5.7	14.1	2	6	2	6	450.0	19.2	4060				.175	1.00	1.11	1.71	.230	-5.263
21		A19-R	12	7	10.8	2.25	-3.7	10.9	2	6	2	6	450.0	18.1	2062				.186	1.00	1.11	1.71	.152	-5.068
22		A20-R	12	7	10.8	3.00	-4.8	12.5	2	6	2	6	450.0	18.1	2062				.186	1.00	1.11	1.71	.203	-5.208
23		A21-R	12	7	10.8	3.29	-5.2	12.8	2	6	2	6	450.0	18.1	2062				.186	1.00	1.11	1.71	.223	-5.272
24		A22-R	12	7	10.8	2.83	-4.8	16.1	4	6	2	6	450.0	17.8	1002				.189	2.00	1.11	1.71	.195	-4.913
25		A23-R	12	7	10.8	2.73	-4.6	15.1	4	6	2	6	450.0	17.8	1052				.189	2.00	1.11	1.71	.188	-4.946
26		A24-R	12	7	10.8	2.60	-4.5	16.1	4	6	2	6	450.0	17.0	1052				.198	2.00	1.11	1.71	.187	-4.815
27		A25-R	12	7	10.8	2.02	-3.3	9.4	2	6	2	6	450.0	9.5	1052				.354	1.00	1.11	1.71	.260	-5.101
28		A26-R	12	7	10.8	1.89	-3.1	9.0	2	6	2	6	450.0	9.5	2062				.354	1.00	1.11	1.71	.244	-5.081
29		A27-R	12	7	10.8	2.02	-3.3	9.6	2	6	2	6	450.0	9.0	2062				.374	1.00	1.11	1.71	.275	-5.101
30		A28-R	12	7	10.8	1.49	-2.6	9.6	4	6	2	6	450.0	7.1	1002				.474	2.00	1.11	1.71	.257	-4.776
31		A29-R	12	7	10.8	1.73	-3.0	10.8	4	6	2	6	450.0	10.6	1052				.318	2.00	1.11	1.71	.200	-4.806
32		A30-R	12	7	10.8	1.60	-2.8	10.5	4	6	2	6	450.0	9.3	4000				.362	2.00	1.11	1.71	.211	-4.762
33		A31-R	12	7	10.8	2.01	-3.5	12.9	4	6	2	6	450.0	9.8	4050				.343	2.00	1.11	1.71	.251	-4.786
34		A32-R	12	7	10.8	1.77	-3.1	11.6	4	6	2	6	450.0	9.0	4050				.374	2.00	1.11	1.71	.241	-4.758
35		A33-R	12	7	10.8	1.98	-3.5	13.5	4	6	2	6	450.0	9.8	4050				.343	2.00	1.11	1.71	.247	-4.714
36	SWANN	103-R	15	15	12.3	13.49	.0	12.1	2	19	2	19	295.0	23.3	5080				.384	1.00	1.24	1.00	.252	-
37	/17/	104-R	15	15	12.3	13.09	.0	11.7	2	19	2	19	295.0	22.9	4080				.391	1.00	1.24	1.00	.249	-
38		106-R	15	15	12.3	13.71	.0	12.3	2	19	2	19	295.0	22.4	4080				.399	1.00	1.24	1.00	.266	-
39		109-R	15	15	12.3	14.81	.0	13.3	2	19	2	19	295.0	19.9	1011				.450	1.00	1.24	1.00	.324	-
40		110-R	15	15	12.3	17.32	.0	15.5	2	19	2	19	295.0	22.0	1011				.407	1.00	1.24	1.00	.342	-
41	BALINT /	NS004/2-R	15	15	13.3	4.46	.0	4.0	2	6	3	6	450.0	26.9	1002				.070	.67	1.14	1.00	.062	-
42	TAYLOR	NS008/2-R	15	15	13.2	8.40	.0	7.5	2	10	3	10	450.0	32.2	1002				.164	.67	1.15	1.00	.098	-
43	/13/	NS014/1-R	15	15	12.4	14.20	.0	12.7	2	12	3	12	450.0	21.7	1002				.373	.67	1.23	1.00	.280	-
44		NSM10/2-R	15	15	12.4	13.85	.0	12.4	2	12	2	12	450.0	25.2	1042				.214	1.00	1.23	1.00	.235	-
45		S10R1-R	15	15	12.4	13.22	.0	11.8	2	12	2	12	450.0	31.6	1114				.171	1.00	1.23	1.00	.179	-
46		S10M14/1-	15	15	12.4	14.34	.0	12.8	2	12	2	12	450.0	35.8	1044				.151	1.00	1.23	1.00	.171	-
47		S15R2-R	15	15	12.4	14.62	.0	13.1	2	12	2	12	450.0	27.5	1114				.196	1.00	1.23	1.00	.227	-
48		S15M14/1-	15	15	12.4	13.40	.0	12.0	2	12	2	12	450.0	25.2	1044				.214	1.00	1.23	1.00	.228	-
49		S15M10/2-	15	15	12.4	13.80	.0	12.3	2	12	2	12	450.0	32.9	1044				.164	1.00	1.23	1.00	.179	-

Negative Rahmenecken Normalbeton /Riegel/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_y	η		
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n_{\emptyset}	n_{\emptyset}	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
50	OESTLUND	V1-R	30	20	26.8	54.97	-73.5	73.5	0	0	2	16	600.0	27.7	1000	.163	.00	1.12	1.50	.138	-2.493
51	/26/	V2-R	30	20	26.8	34.40	-46.0	46.0	0	0	2	16	600.0	12.5	1000	.360	.00	1.12	1.50	.192	-2.493
52		V3-R	30	20	26.8	63.67	-84.9	84.9	0	0	2	16	600.0	27.8	1000	.162	.00	1.12	1.50	.159	-2.500
53		V4-R	30	20	26.8	47.78	-63.6	63.6	0	0	2	16	600.0	14.7	1000	.306	.00	1.12	1.50	.226	-2.504
54		V5-R	30	20	26.8	68.70	-91.9	91.9	0	0	2	16	600.0	27.2	1000	.165	.00	1.12	1.50	.176	-2.492
55		V6-R	30	20	26.8	55.90	-74.2	74.2	0	0	2	16	600.0	14.6	1000	.308	.00	1.12	1.50	.267	-2.511
56		V7-R	30	20	26.8	40.32	-53.7	53.7	0	0	2	16	600.0	18.4	1000	.245	.00	1.12	1.50	.153	-2.503
57		V8-R	30	20	26.8	68.70	-91.9	91.9	0	0	2	16	600.0	38.0	1000	.118	.00	1.12	1.50	.126	-2.492
58		V9-R	30	20	25.6	55.80	-74.2	74.2	0	0	2	22	400.0	18.4	1000	.323	.00	1.17	1.50	.231	-2.507
59		V10-R	30	20	25.6	71.68	-95.5	95.5	0	0	2	22	400.0	37.9	1000	.157	.00	1.17	1.50	.144	-2.502
60		V11-R	30	20	25.6	55.50	-74.2	74.2	0	0	2	22	400.0	19.0	1000	.313	.00	1.17	1.50	.223	-2.493
61		V12-R	30	20	25.6	59.09	-79.2	79.2	0	0	2	22	400.0	14.0	1000	.424	.00	1.17	1.50	.322	-2.487
62	WALTHER /	D-1-R	15	100	13.3	66.20	-63.0	63.0	0	0	10	12	515.0	19.5	4000	.225	.00	1.13	.15	.192	-7.005
63	DIETERLE	D-1F-R	15	100	13.3	64.70	-61.0	61.0	0	0	10	12	515.0	19.5	4000	.225	.00	1.13	.15	.188	-7.071
64	/16/	D-2-R	15	105	13.0	56.00	-53.0	53.0	0	0	10	12	515.0	15.0	1000	.284	.00	1.15	.14	.210	-7.044
65		D-3-R	15	105	12.7	61.50	-58.0	58.0	0	0	14	10	546.0	15.0	4000	.300	.00	1.18	.14	.242	-7.069
66		D-4-R	15	105	13.5	61.50	-58.0	58.0	0	0	10	12	515.0	19.2	4000	.214	.00	1.13	.14	.167	-6.976
67		D-1Q-R	15	105	13.0	77.50	-73.0	73.0	0	0	10	12	515.0	19.2	4080	.222	.00	1.15	.14	.227	-7.078
68		D-2F-R	15	105	13.6	75.80	-72.0	72.0	0	0	10	12	515.0	19.6	4080	.208	.00	1.13	.15	.199	-6.836

Negative Rahmenecken Leichtbeton /Riegel/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$ n \emptyset	λ_s n \emptyset	β_s [N/mm ²]	β_D [N/mm ²]	BEW.F	ω [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_y [-]	η [-]
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]									
1	MAYFIELD /	1-3-R	20	15	14.7	27.40	.0	21.9	2 12	4 12	450.0	21.0	5000	.440	.50	1.36	1.33	.403	- -
2	KONG /	1-4-R	20	15	14.7	30.10	.0	24.1	2 12	4 12	450.0	21.0	5000	.440	.50	1.36	1.33	.442	- -
3	BENNISON /	2-3-R	20	15	14.7	12.20	.0	9.8	2 12	2 12	450.0	19.0	4000	.243	1.00	1.36	1.33	.198	- -
4	DAVIS	2-4-R	20	15	14.7	15.10	.0	12.1	2 12	2 12	450.0	19.0	4000	.243	1.00	1.36	1.33	.245	- -
5	/18/	3-2-R	20	15	14.7	17.00	.0	13.6	2 12	2 12	450.0	24.0	1001	.192	1.00	1.36	1.33	.219	- -
6		4A-2-R	20	15	14.7	17.80	.0	14.2	2 12	2 12	450.0	22.0	1001	.210	1.00	1.36	1.33	.250	- -
7		5A-3-R	20	15	14.7	15.30	.0	12.2	2 12	2 12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.230	- -
8		5A-4-R	20	15	14.7	16.10	.0	12.9	2 12	2 12	450.0	20.5	1011	.225	1.00	1.36	1.33	.242	- -
9		5B-3-R	20	15	14.7	16.70	.0	13.4	2 12	2 12	450.0	23.0	1011	.201	1.00	1.36	1.33	.224	- -
10		5B-4-R	20	15	14.7	18.50	.0	14.8	2 12	2 12	450.0	23.0	1011	.201	1.00	1.36	1.33	.248	- -
11		5C-2-R	20	15	14.7	15.60	.0	12.5	2 12	2 12	450.0	19.5	1011	.237	1.00	1.36	1.33	.247	- -
12		5D-2-R	20	15	14.7	17.10	.0	13.7	2 12	2 12	450.0	17.5	1011	.264	1.00	1.36	1.33	.301	- -
13		5E-2-R	20	15	14.7	18.80	.0	15.0	2 12	2 16	450.0	24.5	1011	.335	.56	1.36	1.33	.237	- -
14		5F-2-R	20	15	14.7	9.10	.0	7.3	2 12	2 8	450.0	22.5	1011	.091	2.25	1.36	1.33	.125	- -
15		12-2-R	20	15	14.7	17.20	.0	13.8	2 12	2 12	450.0	20.0	1021	.231	1.00	1.36	1.33	.265	- -

Rahmenendknoten, eben /Riegel/ NR AUTOR BEZEICHNUNG			D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_y	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	$n \varnothing$	$n \varnothing$	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	KORDINA	RE2-R	40	20	36.6	67.00	.0	67.0	2 12	2 20	420.0	21.6	2410	.167	.36	1.09	2.00	.116	- -
2	/6/	RE3-R	30	20	26.6	80.00	.0	80.0	2 12	3 20	420.0	34.5	2415	.216	.24	1.13	1.50	.164	- -
3		RE4-R	30	20	26.5	51.00	.0	51.0	2 12	2 20	420.0	27.5	2402	.181	.36	1.13	1.50	.132	- -
4		RE5-R	30	22	25.3	46.00	.0	46.0	2 12	7 14	420.0	25.2	2200	.323	.21	1.19	1.36	.130	- -
5		RE6-R	30	20	26.5	66.00	.0	66.0	2 12	2 20	463.0	27.0	2314	.203	.36	1.13	1.50	.174	- -
6		RE7-R	35	23	31.4	117.00	.0	117.0	2 12	3 20	448.0	21.9	2414	.267	.24	1.11	1.52	.236	- -
7		RE8-R	35	23	31.4	105.00	.0	105.0	2 12	3 20	464.0	23.9	2614	.253	.24	1.11	1.52	.194	- -
8		RE9-R	35	23	31.9	110.00	.0	110.0	2 12	3 20	454.0	24.3	5000	.240	.24	1.10	1.52	.193	- -
9		RE10-R	39	23	36.1	100.00	.0	100.0	2 12	3 20	459.0	20.3	2636	.257	.24	1.08	1.70	.164	- -
10	SARSAM /	EX1-R	30	15	27.0	59.13	.0	41.6	2 12	2 16	504.0	56.3	2404	.088	.56	1.12	1.99	.095	- -
11	PHIPPS	EX2-R	30	15	27.2	55.68	.0	39.2	2 12	2 16	504.0	53.9	2400	.091	.56	1.12	2.01	.092	- -
12	/27,28/	EX3-R	30	15	27.2	56.11	.0	84.9	2 12	2 16	504.0	41.3	2404	.119	.56	1.12	2.01	.121	- -
13		EX4-R	30	15	27.4	59.00	.0	66.8	2 12	2 16	504.0	49.3	2404	.099	.56	1.11	2.01	.105	- -
14		EX5-R	30	15	27.9	55.60	.0	39.2	2 12	2 16	504.0	48.5	2404	.099	.56	1.09	2.01	.097	- -
15	BOSSHARD /	VV-R	20	30	17.5	36.10	-72.3	36.1	3 14	3 14	525.0	27.8	2100	.166	1.00	1.14	.67	.141	-2.497
16	MENN	R1-R	20	24	17.5	28.60	-59.2	28.6	3 14	3 14	525.0	25.3	3500	.228	1.00	1.14	.83	.154	-2.416
17	/29/	R2-R	20	24	17.5	42.90	-85.4	42.9	3 14	3 14	525.0	33.0	2400	.175	1.00	1.14	.83	.177	-2.512
18		R3-R	20	24	17.5	39.00	-76.5	39.0	3 14	3 14	525.0	28.2	1600	.205	1.00	1.14	.83	.188	-2.549
19		R4-R	20	24	17.5	36.70	-71.9	36.7	3 14	3 14	525.0	26.8	1600	.215	1.00	1.14	.83	.186	-2.552
20	STROBAND /	1001-R	30	15	28.6	27.50	.0	55.0	3 10	3 10	400.0	21.0	1600	.105	1.00	1.05	2.00	.107	- -
21	HOEKSTRA	1402-R	30	15	27.6	32.50	.0	65.0	3 14	3 14	400.0	21.0	1600	.212	1.00	1.09	2.00	.135	- -
22	/30/	1003-R	30	15	28.6	34.50	.0	69.0	3 10	3 10	400.0	26.5	1600	.083	1.00	1.05	2.00	.106	- -
23		1403-R	30	15	27.6	37.50	.0	75.0	3 14	3 14	400.0	26.5	1600	.168	1.00	1.09	2.00	.124	- -
24		1005-R	30	15	28.6	34.00	.0	68.0	3 10	3 10	400.0	39.7	1600	.055	1.00	1.05	2.00	.070	- -
25		1406-R	30	15	27.6	45.00	.0	90.0	3 14	3 14	400.0	39.7	1600	.112	1.00	1.09	2.00	.099	- -
26		1007-R	30	15	28.6	31.50	.0	63.0	3 10	3 10	400.0	26.8	2400	.082	1.00	1.05	2.00	.096	- -
27		1408-R	30	15	27.6	34.00	.0	68.0	3 14	3 14	400.0	26.8	2400	.166	1.00	1.09	2.00	.111	- -
28		1009-R	30	15	28.6	35.50	.0	71.0	3 10	3 10	400.0	25.2	1610	.087	1.00	1.05	2.00	.115	- -
29		1410-R	30	15	27.6	38.50	.0	77.0	3 14	3 14	400.0	25.2	1610	.177	1.00	1.09	2.00	.134	- -
30		1011-R	30	15	28.6	36.50	.0	73.0	3 10	3 10	400.0	26.3	1605	.084	1.00	1.05	2.00	.113	- -
31		1412-R	30	15	27.6	44.50	.0	89.0	3 14	3 14	400.0	26.3	1605	.170	1.00	1.09	2.00	.148	- -
32		1413-R	30	15	27.6	50.00	.0	100.0	3 14	3 14	400.0	38.6	1610	.116	1.00	1.09	2.00	.113	- -
33		1414-R	30	15	27.6	50.00	.0	100.0	3 14	3 14	400.0	38.6	1605	.116	1.00	1.09	2.00	.113	- -
34		1615-R	30	15	27.3	37.00	.0	74.0	2 20	2 20	400.0	23.3	1600	.263	1.00	1.10	2.00	.142	- -
35		1616-R	30	15	27.3	39.50	.0	79.0	2 20	2 20	400.0	23.3	1600	.263	1.00	1.10	2.00	.152	- -
36		1017-R	30	15	28.6	35.50	.0	71.0	3 10	3 10	400.0	24.8	1620	.089	1.00	1.05	2.00	.117	- -
37		1418-R	30	15	27.6	54.00	.0	108.0	3 14	3 14	400.0	24.8	2320	.180	1.00	1.09	2.00	.191	- -
38		1419-R	30	15	27.6	43.00	.0	86.0	3 14	3 14	400.0	25.3	1620	.176	1.00	1.09	2.00	.149	- -
39		1620-R	30	15	27.3	62.50	.0	125.0	2 20	2 20	400.0	25.3	2320	.243	1.00	1.10	2.00	.221	- -
40	NILSSON	T1-R	20	20	16.7	13.70	.0	9.8	3 16	3 16	405.0	25.7	3500	.285	1.00	1.20	1.00	.096	- -
41	/4/	T15-R	20	20	17.4	9.60	.0	6.9	2 12	2 12	679.0	31.5	3500	.140	1.00	1.15	1.00	.050	- -
42		T11-R	20	20	17.4	10.70	.0	7.7	4 12	4 12	665.0	30.9	3500	.280	1.00	1.15	1.00	.057	- -
43		T14-R	20	20	17.4	13.70	.0	9.8	2 12	2 12	644.0	26.6	1700	.157	1.00	1.15	1.00	.085	- -
44		T13-R	20	20	17.4	35.70	.0	25.5	4 12	4 12	643.0	32.1	1600	.260	1.00	1.15	1.00	.184	- -
45		T2-R	20	20	16.7	38.40	.0	27.5	3 16	3 16	408.0	19.8	4400	.372	1.00	1.20	1.00	.348	- -
46		T12b-R	20	20	17.4	37.80	.0	27.0	4 12	4 12	672.0	25.8	4400	.339	1.00	1.15	1.00	.242	- -
47		T16-R	20	20	17.4	23.70	.0	17.0	2 12	2 12	653.0	31.8	4400	.133	1.00	1.15	1.00	.123	- -
48		T25-R	20	20	16.7	22.00	.0	15.7	3 16	3 16	679.0	23.4	3500	.524	1.00	1.20	1.00	.169	- -
49		T26-R	20	20	16.7	45.40	.0	32.4	3 16	3 16	679.0	28.3	2100	.433	1.00	1.20	1.00	.288	- -
50		T27-R	20	20	16.7	48.90	.0	34.9	3 16	3 16	679.0	29.8	4400	.411	1.00	1.20	1.00	.294	- -
51		T21-R	20	20	17.4	14.00	-19.6	10.0	4 12	4 12	660.0	28.6	3500	.300	1.00	1.15	1.00	.081	-3.571
52		T22-R	20	20	17.4	43.93	-19.6	31.3	4 12	4 12	669.0	25.5	4400	.341	1.00	1.15	1.00	.285	-11.207

Rahmenendknoten, eben /Riegel/ NR AUTOR BEZEICHNUNG			D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{S'}$ n \emptyset	λ_S n \emptyset	β_S [N/mm ²]	β_D [N/mm ²]	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]				[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
53	TAYLOR	P1/41/24-	20	10	17.0	16.40	.0	34.9	2 6	2 16	410.0	28.0	2401	.346	.14	1.18	2.00	.203	- -
54	/32/	P2/41/24-	20	10	17.0	16.40	-6.9	34.9	2 6	2 16	410.0	24.7	2401	.393	.14	1.18	2.00	.230	-11.884
55		P2/41/24A	20	10	17.0	22.00	-22.7	46.8	2 6	2 16	410.0	39.5	2401	.246	.14	1.18	2.00	.193	-4.846
56		P1/41/09-	20	10	17.4	15.30	.0	32.6	2 6	3 8	410.0	31.4	2401	.113	.38	1.15	2.00	.161	- -
57		A3/41/24-	20	10	17.0	16.30	-6.7	34.7	2 6	2 16	460.0	22.9	2401	.475	.14	1.18	2.00	.246	-12.164
58		A3/41/13-	20	10	17.3	19.50	-15.0	41.5	2 6	3 10	460.0	38.3	2401	.164	.24	1.16	2.00	.170	-6.500
59		A3/41/09-	20	10	17.4	11.20	-6.7	23.8	2 6	3 8	460.0	37.0	2401	.108	.38	1.15	2.00	.100	-8.358
60		A3/41/06-	20	10	17.5	11.10	-16.0	23.6	2 6	3 6	460.0	23.4	2401	.095	.67	1.14	2.00	.155	-3.469
61		B3/41/24-	20	10	17.0	14.20	-4.5	30.2	2 6	2 16	460.0	18.7	2404	.582	.14	1.18	2.00	.263	-15.778
62		C3/41/24X	20	10	17.0	14.00	-5.5	29.8	2 6	2 16	460.0	43.9	2501	.248	.14	1.18	2.00	.110	-12.727
63	R	C3/41/24B	20	10	17.0	13.50	-2.6	28.5	2 6	2 16	460.0	26.9	2601	.404	.14	1.18	2.00	.174	-25.962
64		C3/41/13Y	20	10	17.3	12.50	-7.0	26.6	2 6	3 10	460.0	24.0	2601	.261	.24	1.16	2.00	.174	-8.929
65		C3/41/24Y	20	10	17.0	21.10	-13.7	44.9	2 6	2 16	460.0	50.6	2601	.215	.14	1.18	2.00	.144	-7.701
66		D3/41/24-	20	10	17.0	23.50	-13.8	50.0	2 6	2 16	460.0	45.0	2401	.242	.14	1.18	2.00	.181	-8.514
67		D3/41/13-	20	10	17.3	18.00	-8.4	38.2	2 6	3 10	460.0	47.2	2401	.133	.24	1.16	2.00	.127	-10.714
68		D3/41/09-	20	10	17.4	13.90	-17.5	29.6	2 6	3 8	460.0	36.1	2401	.110	.38	1.15	2.00	.127	-3.971
69		D3/41/06-	20	10	17.5	8.90	-6.0	18.9	2 6	3 6	460.0	17.9	2401	.125	.67	1.14	2.00	.162	-7.417
70		E3/41/24A	20	10	17.0	12.50	-5.0	26.6	2 6	2 16	460.0	36.4	2401	.299	.14	1.18	2.00	.119	-12.500
71		E3/41/24B	20	10	17.0	14.30	-2.2	30.4	2 6	2 16	460.0	37.8	2401	.288	.14	1.18	2.00	.131	-32.500
72		E3/41/24C	20	10	17.0	18.90	-16.0	40.2	2 6	2 16	460.0	35.4	2401	.307	.14	1.18	2.00	.185	-5.906
73		F3/41/24A	12	10	9.8	9.00	-3.9	19.2	2 6	3 10	460.0	31.6	2401	.350	.24	1.28	1.25	.297	-18.462
74		F3/41/16A	12	10	9.9	7.20	-4.5	15.3	2 6	3 8	460.0	17.9	2401	.391	.38	1.26	1.25	.410	-12.800
75		F3/41/24B	12	10	9.8	8.50	-3.6	18.1	2 6	3 10	460.0	29.1	2401	.380	.24	1.28	1.25	.304	-18.889
76		F3/41/16B	12	10	9.9	6.80	-2.5	14.5	2 6	3 8	460.0	20.3	2401	.345	.38	1.26	1.25	.342	-21.760
77		F3/41/24C	12	10	9.8	8.80	-2.7	18.7	2 6	3 10	460.0	29.2	2401	.379	.24	1.28	1.25	.314	-26.074
78		F3/41/16C	12	10	9.9	6.90	-4.8	14.7	2 6	3 8	460.0	32.0	2401	.219	.38	1.26	1.25	.220	-11.500
79	GEORGOUSSIS/	GB1-R	30	15	28.0	22.32	.0	15.5	2 6	3 12	316.0	32.6	2404	.078	.17	1.09	2.03	.058	- -
80	PHIPPS	GB2-R	35	15	32.8	19.58	.0	13.6	2 6	2 16	316.0	33.5	2404	.077	.14	1.09	2.37	.036	- -
81	/34/	GB3-R	25	15	22.9	16.99	.0	11.8	2 6	3 16	316.0	35.4	2404	.157	.09	1.11	1.69	.061	- -

Rahmenendknoten, eben / Stütze, oben /			D			B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW. F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]				[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	KORDINA	RE2-O	20	20	17.0	29.50	-240.0	24.6	2	16	2	16	420.0	21.6	2410	.230	1.00	1.18	1.00	.236	-.615
2	/6/	RE3-O	20	20	17.0	36.70	-400.0	29.3	2	16	2	16	420.0	34.5	2415	.144	1.00	1.18	1.00	.184	-.459
3		RE4-O	20	20	17.0	23.60	-51.0	18.7	2	16	2	16	420.0	27.5	2402	.181	1.00	1.18	1.00	.148	-2.314
4		RE5-O	20	20	17.0	21.10	-46.0	16.8	2	16	2	16	420.0	25.2	2200	.197	1.00	1.18	1.00	.145	-2.293
5		RE6-O	20	20	16.9	30.90	-213.0	24.4	2	16	2	16	463.0	27.0	2314	.204	1.00	1.18	1.00	.200	-.725
6		RE7-O	25	23	21.9	54.90	-650.0	44.1	2	16	2	16	448.0	21.9	2414	.163	1.00	1.14	1.09	.227	-.338
7		RE8-O	25	23	20.1	49.20	-525.0	39.6	4	16	2	16	464.0	23.9	2614	.169	2.00	1.24	1.09	.222	-.375
8		RE9-O	25	23	21.9	51.70	-770.0	41.7	2	16	2	16	454.0	24.3	5000	.149	1.00	1.14	1.09	.193	-.269
9		RE10-O	25	23	21.9	46.30	-551.0	37.8	2	16	2	16	459.0	20.3	2636	.181	1.00	1.14	1.09	.207	-.336
10	SARSAM /	EX1-O	20	15	17.3	25.42	-298.4	41.4	2	16	2	16	504.0	45.8	2404	.165	1.00	1.18	1.32	.120	-.416
11	PHIPPS	EX2-O	20	15	17.2	23.93	-304.9	38.9	2	16	2	16	504.0	49.1	2400	.153	1.00	1.19	1.30	.105	-.385
12	/27,28/	EX3-O	20	15	17.2	25.96	-303.3	42.3	2	16	2	16	504.0	40.9	2404	.184	1.00	1.19	1.30	.137	-.420
13		EX4-O	20	15	17.2	26.38	-311.3	42.8	2	16	2	16	504.0	43.3	2404	.173	1.00	1.19	1.30	.131	-.415
14		EX5-O	20	15	17.3	23.89	-882.5	38.9	2	16	2	16	504.0	49.4	2404	.153	1.00	1.19	1.33	.104	-.131
15	BOSSHARD /	VV-O	20	30	17.5	6.50	.0	13.0	2	8	9	10	525.0	27.8	2100	.254	.14	1.14	.67	.025	-
16	MENN	R1-O	20	30	17.5	5.70	.0	11.4	2	8	9	10	525.0	25.3	3500	.279	.14	1.14	.67	.025	-
17	/29/	R2-O	20	30	17.5	7.50	.0	15.1	2	8	9	10	525.0	33.0	2400	.214	.14	1.14	.67	.025	-
18		R3-O	20	30	17.5	6.50	.0	13.1	2	8	9	10	525.0	28.2	1600	.251	.14	1.14	.67	.025	-
19		R4-O	20	30	17.5	6.10	.0	15.5	2	8	9	10	525.0	26.8	1600	.264	.14	1.14	.67	.025	-
20	STROBAND /	1001-O	20	15	18.6	13.70	-52.0	18.3	2	10	2	10	400.0	21.0	1600	.107	1.00	1.08	1.33	.126	-1.317
21	HOEKSTRA	1402-O	20	15	17.6	16.30	-48.0	21.7	2	14	2	14	400.0	21.0	1600	.222	1.00	1.14	1.33	.167	-1.698
22	/30/	1003-O	20	15	18.6	17.30	-186.0	23.0	2	10	2	10	400.0	26.5	1600	.085	1.00	1.08	1.33	.126	-.465
23		1403-O	20	15	17.6	18.80	-210.0	25.0	2	14	2	14	400.0	26.5	1600	.176	1.00	1.14	1.33	.153	-.448
24		1005-O	20	15	18.6	17.00	-59.0	22.7	2	10	2	10	400.0	39.7	1600	.057	1.00	1.08	1.33	.083	-1.441
25		1406-O	20	15	17.6	22.50	-45.0	30.0	2	14	2	14	400.0	39.7	1600	.118	1.00	1.14	1.33	.122	-2.500
26		1007-O	20	15	18.6	15.80	-55.0	21.0	2	10	2	10	400.0	26.8	2400	.084	1.00	1.08	1.33	.114	-1.436
27		1408-O	20	15	17.6	17.00	-47.0	22.7	2	14	2	14	400.0	26.8	2400	.174	1.00	1.14	1.33	.137	-1.809
28		1009-O	20	15	18.6	17.80	-72.0	23.7	2	10	2	10	400.0	25.2	1610	.089	1.00	1.08	1.33	.136	-1.236
29		1410-O	20	15	17.6	19.30	-48.0	25.7	2	14	2	14	400.0	25.2	1610	.185	1.00	1.14	1.33	.165	-2.010
30		1011-O	20	15	18.6	18.20	-76.0	24.3	2	10	2	10	400.0	26.3	1605	.086	1.00	1.08	1.33	.133	-1.197
31		1412-O	20	15	17.6	22.30	-52.0	29.7	2	14	2	14	400.0	26.3	1605	.177	1.00	1.14	1.33	.182	-2.144
32		1413-O	20	15	17.6	25.00	-48.0	33.3	2	14	2	14	400.0	38.6	1610	.121	1.00	1.14	1.33	.139	-2.604
33		1414-O	20	15	17.6	25.00	-50.0	33.3	2	14	2	14	400.0	38.6	1605	.121	1.00	1.14	1.33	.139	-2.500
34		1615-O	20	15	17.3	18.50	-70.0	24.7	4	12	4	12	400.0	23.3	1600	.299	1.00	1.16	1.33	.177	-1.321
35		1616-O	20	15	17.3	19.70	-337.0	26.3	4	12	4	12	400.0	23.3	1600	.299	1.00	1.16	1.33	.188	-.292
36		1017-O	20	15	18.6	17.80	-70.0	23.7	2	10	2	10	400.0	24.8	1620	.091	1.00	1.08	1.33	.138	-1.271
37		1418-O	20	15	17.6	27.00	-46.0	36.0	2	14	2	14	400.0	24.8	2320	.188	1.00	1.14	1.33	.234	-2.935
38		1419-O	20	15	17.6	21.50	-47.0	28.7	2	14	2	14	400.0	25.3	1620	.184	1.00	1.14	1.33	.183	-2.287
39		1620-O	20	15	17.3	31.30	-65.0	41.7	4	12	4	12	400.0	25.3	2320	.276	1.00	1.16	1.33	.276	-2.408
40	NILSSON	T1-O	20	20	16.9	6.60	.0	7.7	3	12	3	12	465.0	25.7	3500	.182	1.00	1.18	1.00	.045	-
41	/4/	T15-O	20	20	17.5	4.60	.0	5.4	2	10	2	10	679.0	31.5	3500	.097	1.00	1.14	1.00	.024	-
42		T11-O	20	20	17.5	5.10	.0	6.0	4	10	4	10	664.0	30.9	3500	.193	1.00	1.14	1.00	.027	-
43		T14-O	20	20	17.5	6.60	.0	7.7	2	10	2	10	660.0	26.6	1700	.111	1.00	1.14	1.00	.041	-
44		T13-O	20	20	17.5	17.10	.0	20.1	4	10	4	10	690.0	32.1	1600	.193	1.00	1.14	1.00	.087	-
45		T2-O	20	20	16.9	18.40	.0	21.7	3	12	3	12	473.0	19.8	4400	.240	1.00	1.18	1.00	.163	-
46		T12b-O	20	20	17.5	18.10	.0	21.3	4	10	4	10	603.0	25.8	4400	.210	1.00	1.14	1.00	.115	-
47		T16-O	20	20	17.5	11.40	.0	13.4	2	10	2	10	668.0	31.8	4400	.094	1.00	1.14	1.00	.059	-
48		T25-O	35	20	31.7	10.60	.0	12.4	4	16	4	16	679.0	23.4	3500	.368	1.00	1.10	1.75	.023	-
49		T26-O	35	20	31.7	21.70	.0	25.6	4	16	4	16	679.0	28.3	2100	.304	1.00	1.10	1.75	.038	-
50		T27-O	35	20	31.7	23.40	.0	27.6	4	16	4	16	679.0	29.8	4400	.289	1.00	1.10	1.75	.039	-
51		T21-O	35	20	17.5	1.62	.0	1.9	4	10	4	12	634.0	28.6	3500	.287	.69	2.00	1.75	.009	-
52		T22-O	35	20	17.5	12.72	.0	15.0	4	12	4	10	669.0	25.5	4400	.235	1.44	2.00	1.75	.081	-

Rahmenendknoten, eben / Stütze, oben /			D B H			M	N	Q	$\lambda_{s'}$		λ_s		β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	(cm)	(cm)	(cm)				n	σ	n	σ									
						[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]		[mm]		[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
53	TAYLOR	P1/41/24-	14	14	11.0	7.90	-240.0	14.9	2	16	2	16	410.0	28.0	2401	.382	1.00	1.27	1.00	.167	-.235
54	/32/	P2/41/24-	14	14	11.0	5.86	-240.0	11.1	2	16	2	16	410.0	24.7	2401	.433	1.00	1.27	1.00	.140	-.174
55		P2/41/24A	14	14	11.0	4.21	-240.0	7.9	2	16	2	16	410.0	39.5	2401	.271	1.00	1.27	1.00	.063	-.125
56		P1/41/09-	14	14	11.0	7.32	-240.0	13.8	2	16	2	16	410.0	31.4	2401	.341	1.00	1.27	1.00	.138	-.218
57		A3/41/24-	14	14	11.0	5.86	-240.0	11.1	2	16	2	16	460.0	22.9	2401	.525	1.00	1.27	1.00	.151	-.174
58		A3/41/13-	14	14	11.0	5.12	-240.0	9.7	2	16	2	16	460.0	38.3	2401	.314	1.00	1.27	1.00	.079	-.152
59		A3/41/09-	14	14	11.0	3.47	-240.0	6.6	2	16	2	16	460.0	37.0	2401	.325	1.00	1.27	1.00	.055	-.103
60		A3/41/06-	14	14	11.0	.92	-240.0	1.7	2	16	2	16	460.0	23.4	2401	.513	1.00	1.27	1.00	.023	-.027
61		B3/41/24-	14	14	11.0	5.49	-240.0	10.4	2	16	2	16	460.0	18.7	2404	.642	1.00	1.27	1.00	.173	-.163
62		C3/41/24X	14	14	11.0	5.12	-240.0	9.7	2	16	2	16	460.0	43.9	2501	.274	1.00	1.27	1.00	.069	-.152
63		C3/41/24B	14	14	11.0	5.67	-240.0	10.7	2	16	2	16	460.0	26.9	2601	.447	1.00	1.27	1.00	.124	-.169
64		C3/41/13Y	14	14	11.0	4.02	-240.0	7.6	2	16	2	16	460.0	24.0	2601	.500	1.00	1.27	1.00	.099	-.120
65		C3/41/24Y	14	14	11.0	6.22	-240.0	11.7	2	16	2	16	460.0	50.6	2601	.237	1.00	1.27	1.00	.073	-.185
66		D3/41/24-	14	14	11.0	7.32	-60.0	13.8	2	16	2	16	460.0	45.0	2401	.267	1.00	1.27	1.00	.096	-.871
67		D3/41/13-	14	14	11.0	6.22	-60.0	11.7	2	16	2	16	460.0	47.2	2401	.254	1.00	1.27	1.00	.078	-.740
68		D3/41/09-	14	14	11.0	1.83	-60.0	3.4	2	16	2	16	460.0	36.1	2401	.333	1.00	1.27	1.00	.030	-.218
69		D3/41/06-	14	14	11.0	2.56	-60.0	4.8	2	16	2	16	460.0	17.9	2401	.671	1.00	1.27	1.00	.084	-.305
70		E3/41/24A	14	14	11.0	4.57	-240.0	8.6	2	16	2	16	460.0	36.4	2401	.330	1.00	1.27	1.00	.074	-.136
71		E3/41/24B	14	14	11.0	6.14	-240.0	11.6	2	16	2	16	460.0	37.8	2401	.318	1.00	1.27	1.00	.096	-.183
72		E3/41/24C	14	14	11.0	4.57	-240.0	8.6	2	16	2	16	460.0	35.4	2401	.339	1.00	1.27	1.00	.076	-.136
73		F3/41/24A	14	14	11.0	3.34	-240.0	5.8	2	16	2	16	460.0	31.6	2401	.380	1.00	1.27	1.00	.062	-.099
74		F3/41/16A	14	14	11.0	2.35	-240.0	4.1	2	16	2	16	460.0	17.9	2401	.671	1.00	1.27	1.00	.077	-.070
75		F3/41/24B	14	14	11.0	3.34	-240.0	5.8	2	16	2	16	460.0	29.1	2401	.413	1.00	1.27	1.00	.068	-.099
76		F3/41/16B	14	14	11.0	2.74	-240.0	4.8	2	16	2	16	460.0	20.3	2401	.592	1.00	1.27	1.00	.080	-.082
77		F3/41/24C	14	14	11.0	2.73	-60.0	6.5	2	16	2	16	460.0	29.2	2401	.411	1.00	1.27	1.00	.055	-.325
78		F3/41/16C	14	14	11.0	2.16	-60.0	3.8	2	16	2	16	460.0	32.0	2401	.375	1.00	1.27	1.00	.040	-.257
79	GEORGOUSSIS/	GB1-O	15	15	12.5	9.17	-695.0	17.2	2	16	2	16	316.0	32.6	2404	.208	1.00	1.20	1.00	.120	-.088
80	PHIPPS	GB2-O	15	15	12.5	7.83	-490.0	14.1	2	16	2	16	316.0	33.5	2404	.202	1.00	1.20	1.00	.100	-.107
81	/34/	GB3-O	15	15	12.5	7.31	-651.0	13.1	2	16	2	16	316.0	35.4	2404	.191	1.00	1.20	1.00	.088	-.075

Rahmenendknoten, eben /Stütze, unten/ NR AUTOR BEZEICHNUNG			D	B	H	M	N	Q	λ_{β}^I	λ_{β}^S	β_{β}	β_P	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η		
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	σ	n	σ	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
1	KORDINA	RE2-U	20	20	17.0	34.40	-307.0	24.6	2	16	2	16	420.0	21.6	2410	.230	1.00	1.18	1.00	.276	-.560
2	/6/	RE3-U	20	20	17.0	42.50	-480.0	29.3	2	16	2	16	420.0	34.5	2415	.144	1.00	1.18	1.00	.213	-.443
3		RE4-U	20	20	17.0	26.90	-102.0	18.7	2	16	2	16	420.0	27.5	2402	.181	1.00	1.18	1.00	.169	-1.319
4		RE5-U	20	20	17.0	24.50	-92.0	16.8	2	16	2	16	420.0	25.2	2200	.197	1.00	1.18	1.00	.168	-1.332
5		RE6-U	20	20	16.9	34.40	-279.0	24.4	2	16	2	16	463.0	27.0	2314	.204	1.00	1.18	1.00	.223	-.616
6		RE7-U	25	23	21.9	61.70	-767.0	44.1	2	16	2	16	448.0	21.9	2414	.163	1.00	1.14	1.09	.255	-.322
7		RE8-U	25	23	20.1	55.40	-630.0	39.6	2	16	4	16	464.0	23.9	2614	.338	.50	1.24	1.09	.249	-.352
8		RE9-U	25	23	21.9	57.60	-880.0	41.7	4	16	4	16	454.0	24.3	5000	.298	1.00	1.14	1.09	.215	-.262
9		RE10-U	25	23	21.9	51.40	-651.0	37.8	2	16	2	16	459.0	20.3	2636	.181	1.00	1.14	1.09	.230	-.316
10	SARSAM /	EX1-U	20	15	17.3	25.42	-340.0	41.4	2	16	2	16	504.0	56.3	2404	.134	1.00	1.18	1.32	.097	-.365
11	PHIPPS	EX2-U	20	15	17.2	23.93	-344.1	38.9	2	16	2	16	504.0	53.9	2400	.139	1.00	1.19	1.30	.096	-.341
12	/27,28/	EX3-U	20	15	17.2	25.96	-388.2	42.3	2	16	2	16	504.0	41.3	2404	.182	1.00	1.19	1.30	.135	-.328
13		EX4-U	20	15	17.2	26.38	-378.1	42.8	2	16	2	16	504.0	49.3	2404	.152	1.00	1.19	1.30	.115	-.342
14		EX5-U	20	15	17.3	23.89	-921.7	38.9	2	16	2	16	504.0	48.5	2404	.156	1.00	1.19	1.33	.106	-.126
15	BOSSHARD /	VV-U	20	30	17.5	41.50	-36.1	59.3	2	8	9	10	525.0	27.8	2100	.254	.14	1.14	.67	.162	-5.748
16	MENN	R1-U	20	30	17.5	33.50	-28.6	47.8	2	8	9	10	525.0	25.3	3500	.279	.14	1.14	.67	.144	-5.857
17	/29/	R2-U	20	30	17.5	49.20	-42.9	70.3	2	8	9	10	525.0	33.0	2400	.214	.14	1.14	.67	.162	-5.734
18		R3-U	20	30	17.5	44.40	-39.0	63.4	2	8	9	10	525.0	28.2	1600	.251	.14	1.14	.67	.171	-5.692
19		R4-U	20	30	17.5	41.80	-36.7	48.1	2	8	9	10	525.0	26.8	1600	.264	.14	1.14	.67	.170	-5.695
20	STROBAND /	1001-U	20	15	18.6	13.70	-107.0	18.3	2	10	2	10	400.0	21.0	1600	.107	1.00	1.08	1.33	.126	-.640
21	HOEKSTRA	1402-U	20	15	17.6	16.30	-113.0	21.7	2	14	2	14	400.0	21.0	1600	.222	1.00	1.14	1.33	.167	-.721
22	/30/	1003-U	20	15	18.6	17.30	-255.0	23.0	2	10	2	10	400.0	26.5	1600	.085	1.00	1.08	1.33	.126	-.339
23		1403-U	20	15	17.6	18.80	-285.0	25.0	2	14	2	14	400.0	26.5	1600	.176	1.00	1.14	1.33	.153	-.330
24		1005-U	20	15	18.6	17.00	-127.0	22.7	2	10	2	10	400.0	39.7	1600	.057	1.00	1.08	1.33	.083	-.669
25		1406-U	20	15	17.6	22.50	-135.0	30.0	2	14	2	14	400.0	39.7	1600	.118	1.00	1.14	1.33	.122	-.833
26		1007-U	20	15	18.6	15.80	-118.0	21.0	2	10	2	10	400.0	26.8	2400	.084	1.00	1.08	1.33	.114	-.669
27		1408-U	20	15	17.6	17.00	-115.0	22.7	2	14	2	14	400.0	26.8	2400	.174	1.00	1.14	1.33	.137	-.739
28		1009-U	20	15	18.6	17.80	-143.0	23.7	2	10	2	10	400.0	25.2	1610	.089	1.00	1.08	1.33	.136	-.622
29		1410-U	20	15	17.6	19.30	-125.0	25.7	2	14	2	14	400.0	25.2	1610	.185	1.00	1.14	1.33	.165	-.772
30		1011-U	20	15	18.6	18.20	-149.0	24.3	2	10	2	10	400.0	26.3	1605	.086	1.00	1.08	1.33	.133	-.611
31		1412-U	20	15	17.6	22.30	-141.0	29.7	2	14	2	14	400.0	26.3	1605	.177	1.00	1.14	1.33	.182	-.791
32		1413-U	20	15	17.6	25.00	-148.0	33.3	2	14	2	14	400.0	38.6	1610	.121	1.00	1.14	1.33	.139	-.845
33		1414-U	20	15	17.6	25.00	-150.0	33.3	2	14	2	14	400.0	38.6	1605	.121	1.00	1.14	1.33	.139	-.833
34		1615-U	20	15	17.3	18.50	-144.0	24.7	4	12	4	12	400.0	23.3	1600	.299	1.00	1.16	1.33	.177	-.642
35		1616-U	20	15	17.3	19.70	-416.0	26.3	4	12	4	12	400.0	23.3	1600	.299	1.00	1.16	1.33	.188	-.237
36		1017-U	20	15	18.6	17.80	-141.0	23.7	2	10	2	10	400.0	24.8	1620	.091	1.00	1.08	1.33	.138	-.631
37		1418-U	20	15	17.6	27.00	-154.0	36.0	2	14	2	14	400.0	24.8	2320	.188	1.00	1.14	1.33	.234	-.877
38		1419-U	20	15	17.6	21.50	-133.0	28.7	2	14	2	14	400.0	25.3	1620	.184	1.00	1.14	1.33	.183	-.808
39		1620-U	20	15	17.3	31.30	-190.0	41.7	4	12	4	12	400.0	25.3	2320	.276	1.00	1.16	1.33	.276	-.824
40	NILSSON	T1-U	20	20	16.9	6.60	-9.8	7.7	3	12	3	12	465.0	25.7	3500	.182	1.00	1.18	1.00	.045	-3.367
41	/4/	T15-U	20	20	17.5	4.60	-6.9	5.4	2	10	2	10	679.0	31.5	3500	.097	1.00	1.14	1.00	.024	-3.333
42		T11-U	20	20	17.5	5.10	-7.7	6.0	4	10	4	10	664.0	30.9	3500	.193	1.00	1.14	1.00	.027	-3.312
43		T14-U	20	20	17.5	6.60	-9.8	7.7	2	10	2	10	660.0	26.6	1700	.111	1.00	1.14	1.00	.041	-3.367
44		T13-U	20	20	17.5	17.10	-25.5	20.1	4	10	4	10	690.0	32.1	1600	.193	1.00	1.14	1.00	.087	-3.353
45		T2-U	20	20	16.9	18.40	-27.5	21.7	3	12	3	12	473.0	19.8	4400	.240	1.00	1.18	1.00	.163	-3.345
46		T12b-U	20	20	17.5	18.10	-27.0	21.3	4	10	4	10	603.0	25.8	4400	.210	1.00	1.14	1.00	.115	-3.352
47		T16-U	20	20	17.5	11.40	-17.0	13.4	2	10	2	10	668.0	31.8	4400	.094	1.00	1.14	1.00	.059	-3.353
48		T25-U	35	20	31.7	10.60	-15.7	12.4	4	16	4	16	679.0	23.4	3500	.368	1.00	1.10	1.75	.023	-1.929
49		T26-U	35	20	31.7	21.70	-32.4	25.6	4	16	4	16	679.0	28.3	2100	.304	1.00	1.10	1.75	.038	-1.914
50		T27-U	35	20	31.7	23.40	-34.9	27.6	4	16	4	16	679.0	29.8	4400	.289	1.00	1.10	1.75	.039	-1.916
51		T21-U	35	20	17.5	15.00	-10.0	17.7	4	10	4	12	634.0	28.6	3500	.287	.69	2.00	1.75	.086	-4.286
52		T22-U	35	20	17.5	29.40	-31.3	34.6	4	10	4	12	669.0	25.5	4400	.339	.69	2.00	1.75	.188	-2.684

Rahmenendknoten, eben /Stütze, unten/			D B H			M N		Q	λ_{s1}	λ_{s2}	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_y	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n_{s1}	n_{s2}	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
53	TAYLOR	P1/41/24-	14	14	11.0	8.00	-274.9	14.2	2 16	2 16	410.0	28.0	2401	.382	1.00	1.27	1.00	.169	-.208
54	/32/	P2/41/24-	14	14	11.0	10.05	-274.9	17.9	2 16	2 16	410.0	24.7	2401	.433	1.00	1.27	1.00	.240	-.261
55		P2/41/24A	14	14	11.0	17.18	-286.8	30.7	2 16	2 16	410.0	39.5	2401	.271	1.00	1.27	1.00	.257	-.428
56		P1/41/09-	14	14	11.0	7.40	-272.6	13.2	2 16	2 16	410.0	31.4	2401	.341	1.00	1.27	1.00	.139	-.194
57		A3/41/24-	14	14	11.0	9.97	-274.7	17.8	2 16	2 16	460.0	22.9	2401	.525	1.00	1.27	1.00	.257	-.259
58		A3/41/13-	14	14	11.0	13.83	-281.5	24.7	2 16	2 16	460.0	38.3	2401	.314	1.00	1.27	1.00	.213	-.351
59		A3/41/09-	14	14	11.0	7.44	-263.8	13.3	2 16	2 16	460.0	37.0	2401	.325	1.00	1.27	1.00	.119	-.201
60		A3/41/06-	14	14	11.0	9.94	-263.6	17.7	2 16	2 16	460.0	23.4	2401	.513	1.00	1.27	1.00	.251	-.269
61		B3/41/24-	14	14	11.0	8.30	-270.2	14.8	2 16	2 16	460.0	18.7	2404	.642	1.00	1.27	1.00	.262	-.219
62		C3/41/24X	14	14	11.0	8.48	-269.8	15.1	2 16	2 16	460.0	43.9	2501	.274	1.00	1.27	1.00	.114	-.225
63		C3/41/24B	14	14	11.0	7.42	-268.5	13.3	2 16	2 16	460.0	26.9	2601	.447	1.00	1.27	1.00	.163	-.197
64		C3/41/13Y	14	14	11.0	8.17	-266.6	14.6	2 16	2 16	460.0	24.0	2601	.500	1.00	1.27	1.00	.201	-.219
65		C3/41/24Y	14	14	11.0	14.26	-284.9	25.5	2 16	2 16	460.0	50.6	2601	.237	1.00	1.27	1.00	.166	-.358
66		D3/41/24-	14	14	11.0	15.48	-110.0	27.7	2 16	2 16	460.0	45.0	2401	.267	1.00	1.27	1.00	.203	-1.005
67		D3/41/13-	14	14	11.0	11.24	-98.2	20.1	2 16	2 16	460.0	47.2	2401	.254	1.00	1.27	1.00	.141	-.818
68		D3/41/09-	14	14	11.0	11.70	-89.6	20.9	2 16	2 16	460.0	36.1	2401	.333	1.00	1.27	1.00	.191	-.933
69		D3/41/06-	14	14	11.0	6.05	-78.9	10.8	2 16	2 16	460.0	17.9	2401	.671	1.00	1.27	1.00	.200	-.548
70		E3/41/24A	14	14	11.0	7.62	-266.6	13.6	2 16	2 16	460.0	36.4	2401	.330	1.00	1.27	1.00	.124	-.204
71		E3/41/24B	14	14	11.0	7.70	-270.4	13.7	2 16	2 16	460.0	37.8	2401	.318	1.00	1.27	1.00	.120	-.203
72		E3/41/24C	14	14	11.0	13.77	-280.2	24.6	2 16	2 16	460.0	35.4	2401	.339	1.00	1.27	1.00	.230	-.351
73		F3/41/24A	14	14	11.0	5.72	-259.2	9.7	2 16	2 16	460.0	31.6	2401	.380	1.00	1.27	1.00	.107	-.158
74		F3/41/16A	14	14	11.0	5.09	-255.3	8.6	2 16	2 16	460.0	17.9	2401	.671	1.00	1.27	1.00	.168	-.142
75		F3/41/24B	14	14	11.0	5.53	-258.1	9.4	2 16	2 16	460.0	29.1	2401	.413	1.00	1.27	1.00	.112	-.153
76		F3/41/16B	14	14	11.0	4.28	-254.5	7.3	2 16	2 16	460.0	20.3	2401	.592	1.00	1.27	1.00	.124	-.120
77		F3/41/24C	14	14	11.0	5.43	-78.7	9.2	2 16	2 16	460.0	29.2	2401	.411	1.00	1.27	1.00	.110	-.493
78		F3/41/16C	14	14	11.0	5.05	-74.7	8.6	2 16	2 16	460.0	32.0	2401	.375	1.00	1.27	1.00	.093	-.483
79	GEORGOUSSIS/	GB1-U	15	15	12.5	9.17	-710.5	17.2	2 16	2 16	316.0	32.6	2404	.208	1.00	1.20	1.00	.120	-.086
80	PHIPPS	GB2-U	15	15	12.5	7.83	-503.6	14.1	2 16	2 16	316.0	33.5	2404	.202	1.00	1.20	1.00	.100	-.104
81	/34/	GB3-U	15	15	12.5	7.31	-662.8	13.1	2 16	2 16	316.0	35.4	2404	.191	1.00	1.20	1.00	.088	-.074

Räumlicher Rahmenendknoten /Riegel, rechts/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	GEORGOUSSIS/	YG1-R	15	15	11.9	1.77	.0	1.2	2 6	2 12	230.0	36.4	2100	.080	.25	1.26	1.00	.023	- -
2	PHIPPS	YG2-R	23	15	19.9	3.20	.0	2.2	2 6	2 12	230.0	23.9	2100	.073	.25	1.16	1.53	.023	- -
3	/34/	YG3-R	30	15	27.4	4.54	.0	3.2	2 6	2 12	230.0	22.5	2100	.056	.25	1.11	2.03	.018	- -

Räumlicher Rahmenendknoten /Riegel, links/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	$n \begin{Bmatrix} \sigma \\ \text{[mm]} \end{Bmatrix}$	$n \begin{Bmatrix} \sigma \\ \text{[mm]} \end{Bmatrix}$	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	GEORGOUSSIS/	YG1-T	15	15	10.7	1.54	.0	1.1	2 6	2 12	230.0	36.4	2100	.089	.25	1.40	1.00	.025	- -
2	PHIPPS	YG2-T	29	15	18.7	2.97	.0	2.1	2 6	2 12	230.0	23.9	2100	.078	.25	1.55	1.93	.024	- -
3	/34/	YG3-T	30	15	26.2	4.32	.0	3.0	2 6	2 12	230.0	22.5	2100	.059	.25	1.16	2.03	.019	- -

Räumlicher Rahmenendknoten /Stütze, oben/										$\lambda_{s'}$	λ_s								
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$n \begin{Bmatrix} \sigma \\ \text{[mm]} \end{Bmatrix}$	$n \begin{Bmatrix} \sigma \\ \text{[mm]} \end{Bmatrix}$	$\beta_s \begin{Bmatrix} N/\text{mm}^2 \\ \text{[N/mm}^2 \end{Bmatrix}$	$\beta_p \begin{Bmatrix} N/\text{mm}^2 \\ \text{[N/mm}^2 \end{Bmatrix}$	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]						[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	GEORGOUSSIS/	YG1-O	15	15	10.5	.83	-980.0	1.4	2 16	2 16	323.0	58.4	2100	.141	1.00	1.43	1.00	.009	-.006
2	PHIPPS	YG2-O	15	15	10.5	1.40	-725.0	2.5	2 16	2 16	323.0	56.0	2100	.147	1.00	1.43	1.00	.015	-.013
3	/34/	YG3-O	15	15	10.5	1.86	-634.0	3.5	2 16	2 16	323.0	49.6	2100	.166	1.00	1.43	1.00	.023	-.020

Räumlicher Rahmenendknoten /Stütze, unten/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$ $n \begin{Bmatrix} \sigma \\ \text{[mm]} \end{Bmatrix}$	λ_s $n \begin{Bmatrix} \sigma \\ \text{[mm]} \end{Bmatrix}$	β_s $\begin{Bmatrix} N/\text{mm}^2 \\ \text{[N/mm}^2 \end{Bmatrix}$	β_p $\begin{Bmatrix} N/\text{mm}^2 \\ \text{[N/mm}^2 \end{Bmatrix}$	BEW.F	ω [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_u [-]	η [-]
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]											
1	GEORGOUSSIS/	YG1-U	15	15	10.5	.83	-982.3	1.4	2 16	2 16	323.0	58.4	2100	.141	1.00	1.43	1.00	.009	-.006
2	PHIPPS	YG2-U	15	15	10.5	1.40	-731.2	2.5	2 16	2 16	323.0	56.0	2100	.147	1.00	1.43	1.00	.015	-.013
3	/34/	YG3-U	15	15	10.5	1.86	-642.9	3.5	2 16	2 16	323.0	49.6	2100	.166	1.00	1.43	1.00	.023	-.019

Ebene Rahmehinnenknoten /Riegel, links?/ NR AUTOR BEZEICHNUNG			D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{S'}$ n_{\varnothing}	λ_S n_{\varnothing}	β_S	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_L	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm2]	[N/mm2]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	STROBAND /	C01-T	30	15	27.1	21.00	.0	42.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.068	- -
2	LEGUIJT	C02-T	30	15	27.0	47.30	.0	105.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.163	1.00	1.11	2.00	.154	- -
3	/36/	C03-T	30	15	28.0	26.50	.0	53.0	3 10	3 10	400.0	28.0	2100	.080	1.00	1.07	2.00	.080	- -
4		C04-T	30	15	27.0	51.30	.0	114.0	3 16	3 16	400.0	28.0	2100	.213	1.00	1.11	2.00	.168	- -
5		C05-T	30	15	27.1	46.60	.0	98.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2106	.162	1.00	1.11	2.00	.151	- -
6		C06-T	30	15	27.1	40.40	.0	85.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.131	- -
7		C07-T	30	15	28.0	39.00	.0	78.0	3 10	3 10	400.0	28.0	2106	.080	1.00	1.07	2.00	.118	- -
8		C08-T	30	15	28.0	30.40	.0	64.0	3 10	3 10	400.0	28.0	2100	.080	1.00	1.07	2.00	.092	- -
9		C09-T	30	15	27.1	35.50	.0	71.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.115	- -
10		C10-T	30	15	27.1	25.00	.0	52.5	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.081	- -
11		C11-T	30	15	27.0	41.30	.0	87.0	3 16	3 16	400.0	28.0	2100	.213	1.00	1.11	2.00	.135	- -
12		C12-T	30	15	27.0	42.70	.0	90.0	3 16	3 16	400.0	28.0	2100	.213	1.00	1.11	2.00	.139	- -
13		C13-T	30	15	27.1	26.00	.0	52.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2100	.297	1.00	1.11	2.00	.154	- -
14		C14-T	30	15	27.1	26.60	.0	56.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2100	.297	1.00	1.11	2.00	.158	- -
15		C15-T	30	15	27.1	24.50	.0	49.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2106	.297	1.00	1.11	2.00	.145	- -
16		C16-T	30	15	27.1	28.50	.0	60.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2106	.297	1.00	1.11	2.00	.169	- -
17	GEORGOUSSIS/	AB1-T	25	15	21.7	9.64	.0	8.2	2 12	2 16	322.0	18.9	2100	.210	.56	1.15	1.67	.072	- -
18	PHIPPS	AB2-T	25	15	20.1	15.63	.0	13.3	2 12	4 16	249.0	15.9	2100	.418	.28	1.24	1.67	.162	- -
19	/34/	AB3-T	25	15	20.1	18.10	.0	15.4	2 12	6 16	249.0	19.5	2100	.511	.19	1.24	1.67	.153	- -
20		IN1-T	30	15	27.2	56.52	.0	39.8	2 16	2 16	504.0	53.6	2104	.091	1.00	1.12	2.01	.094	- -
21	SARSAM	IN2-T	30	15	27.3	56.42	.0	39.7	2 16	2 16	504.0	45.7	2100	.107	1.00	1.12	2.01	.109	- -
22	/28/	IN3-T	30	15	27.9	59.32	.0	41.7	2 16	2 16	504.0	49.7	2100	.096	1.00	1.10	2.01	.101	- -
23		IN4-T	30	15	27.6	57.13	.0	40.2	2 16	2 16	504.0	38.4	2104	.126	1.00	1.11	2.02	.128	- -

Ebene Rahmeninnenknoten /Riegel, rechts?/

NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	n_{σ} [mm]	λ_{σ} [mm]	β_{σ} [N/mm ²]	β_{ρ} [N/mm ²]	BEW.F	ω [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_u [-]	η [-]
1	STROBAND /	C01-R	30	15	27.1	42.00	.0	84.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.136	- -
2	LEGUIJT	C02-R	30	15	27.0	47.30	.0	105.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.163	1.00	1.11	2.00	.154	- -
3	/36/	C03-R	30	15	28.0	26.50	.0	53.0	3 10	3 10	400.0	28.0	2100	.080	1.00	1.07	2.00	.080	- -
4		C04-R	30	15	27.0	51.30	.0	114.0	3 16	3 16	400.0	28.0	2100	.213	1.00	1.11	2.00	.168	- -
5		C05-R	30	15	27.1	46.60	.0	98.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2106	.162	1.00	1.11	2.00	.151	- -
6		C06-R	30	15	27.1	40.40	.0	85.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.131	- -
7		C07-R	30	15	28.0	39.00	.0	78.0	3 10	3 10	400.0	28.0	2106	.080	1.00	1.07	2.00	.118	- -
8		C08-R	30	15	28.0	30.40	.0	64.0	3 10	3 10	400.0	28.0	2100	.080	1.00	1.07	2.00	.092	- -
9		C09-R	30	15	27.1	35.50	.0	71.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.115	- -
10		C10-R	30	15	27.1	49.90	.0	105.0	3 14	3 14	400.0	28.0	2100	.162	1.00	1.11	2.00	.162	- -
11		C11-R	30	15	27.0	41.30	.0	87.0	3 16	3 16	400.0	28.0	2100	.213	1.00	1.11	2.00	.135	- -
12		C12-R	30	15	27.0	42.70	.0	90.0	3 16	3 16	400.0	28.0	2100	.213	1.00	1.11	2.00	.139	- -
13		C13-R	30	15	27.1	26.00	.0	52.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2100	.297	1.00	1.11	2.00	.154	- -
14		C14-R	30	15	27.1	26.60	.0	56.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2100	.297	1.00	1.11	2.00	.158	- -
15		C15-R	30	15	27.1	24.50	.0	49.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2106	.297	1.00	1.11	2.00	.145	- -
16		C16-R	30	15	27.1	28.50	.0	60.0	3 14	3 14	400.0	15.3	2106	.297	1.00	1.11	2.00	.169	- -
17	GEORGOUSSIS/	AB1-R	25	15	21.7	9.64	.0	8.2	2 12	2 16	322.0	18.9	2100	.210	.56	1.15	1.67	.072	- -
18	PHIPPS	AB2-R	25	15	20.1	15.63	.0	13.3	2 12	4 16	249.0	15.9	2100	.418	.28	1.24	1.67	.162	- -
19	/34/	AB3-R	25	15	20.1	18.10	.0	15.4	2 12	6 16	249.0	19.5	2100	.511	.19	1.24	1.67	.153	- -
20	SARSAM	IN1-R	30	15	27.2	56.80	.0	39.9	2 16	2 16	504.0	53.6	2104	.091	1.00	1.12	2.01	.094	- -
21	/28/	IN2-R	30	15	27.3	58.60	.0	41.3	2 16	2 16	504.0	45.7	2100	.107	1.00	1.12	2.01	.113	- -
22		IN3-R	30	15	27.9	55.11	.0	38.9	2 16	2 16	504.0	49.7	2100	.096	1.00	1.10	2.01	.094	- -
23		IN4-R	30	15	27.6	55.88	.0	39.4	2 16	2 16	504.0	38.4	2104	.126	1.00	1.11	2.02	.126	- -

Ebene Rahmeninnenknoten /Stütze, oben/ NR AUTOR BEZEICHNUNG			D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_p	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	n	[N/mm2]	[N/mm2]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	STROBAND /	C01-O	20	15	17.0	31.50	-269.0	42.0	2	18	400.0	28.0	2100	.285	1.00	1.18	1.33	.260	-.586
2	LEGUIJT	C02-O	30	15	27.0	52.50	-326.0	70.0	2	12	400.0	28.0	2100	.080	1.00	1.11	2.00	.171	-.537
3	/36/	C03-O	20	15	17.0	26.50	-321.0	35.3	2	12	400.0	28.0	2100	.127	1.00	1.18	1.33	.218	-.413
4		C04-O	30	15	27.0	57.00	-313.0	76.0	2	14	400.0	28.0	2100	.109	1.00	1.11	2.00	.186	-.607
5		C05-O	25	15	22.0	49.00	-326.0	65.3	2	14	400.0	28.0	2106	.133	1.00	1.14	1.67	.241	-.601
6		C06-O	25	15	22.0	42.50	-332.0	56.7	2	14	400.0	28.0	2100	.133	1.00	1.14	1.67	.209	-.512
7		C07-O	25	15	22.0	39.00	-328.0	52.0	2	8	400.0	28.0	2106	.044	1.00	1.14	1.67	.192	-.476
8		C08-O	25	15	22.0	32.00	-322.0	42.7	2	8	400.0	28.0	2100	.044	1.00	1.14	1.67	.157	-.398
9		C09-O	20	15	17.0	35.50	-317.0	47.3	2	18	400.0	28.0	2100	.285	1.00	1.18	1.33	.292	-.560
10		C10-O	25	15	22.0	39.00	-364.0	52.5	2	14	400.0	28.0	2100	.133	1.00	1.14	1.67	.192	-.429
11		C11-O	25	15	22.0	43.50	-317.0	58.0	2	18	400.0	28.0	2100	.220	1.00	1.14	1.67	.214	-.549
12		C12-O	25	15	22.0	45.00	-316.0	60.0	2	18	400.0	28.0	2100	.220	1.00	1.14	1.67	.221	-.570
13		C13-O	20	15	17.0	26.00	-304.0	34.7	2	18	400.0	15.3	2100	.522	1.00	1.18	1.33	.392	-.428
14		C14-O	25	15	22.0	28.00	-308.0	37.3	2	14	400.0	15.3	2100	.244	1.00	1.14	1.67	.252	-.364
15		C15-O	20	15	17.0	24.50	-300.0	32.7	2	18	400.0	15.3	2106	.522	1.00	1.18	1.33	.369	-.408
16		C16-O	25	15	22.0	30.00	-303.0	40.0	2	14	400.0	15.3	2106	.244	1.00	1.14	1.67	.270	-.396
17	GEORGOUSSIS/	AB1-O	15	15	12.1	.01	-850.0	.0	2	16	322.0	46.2	2100	.154	1.00	1.24	1.00	.000	.000
18	PHIPPS	AB2-O	15	15	12.1	.01	-750.0	.0	2	16	249.0	51.6	2100	.107	1.00	1.24	1.00	.000	.000
19	/34/	AB3-O	15	15	12.1	.01	-900.0	.0	2	16	249.0	50.7	2100	.109	1.00	1.24	1.00	.000	.000
20		IN1-O	20	15	17.2	.10	-301.0	.2	2	16	504.0	53.6	2104	.141	1.00	1.19	1.31	.000	-.002
21	SARSAM	IN2-O	20	15	17.4	.99	-299.0	1.6	2	16	504.0	45.7	2100	.166	1.00	1.20	1.35	.005	-.016
22	/28/	IN3-O	20	15	17.1	1.86	-308.0	3.0	2	16	504.0	49.7	2100	.154	1.00	1.20	1.33	.008	-.029
23		IN4-O	20	15	17.3	.55	-290.0	.9	2	16	504.0	38.4	2104	.197	1.00	1.19	1.33	.003	-.009

Ebene Rahmeninnenknoten /Stütze, unten/								$\lambda_{s'}$		$\lambda_{s''}$		$\beta_{s'}$		$\beta_{s''}$		BEW.F		ω		γ		D/H		D/B		m_y		η	
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	n	σ	n	σ	[N/mm ²]	[N/mm ²]					[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
1	STROBAND /	C01-U	20	15	17.0	31.50	-311.0	42.0	2	18	2	18	400.0	28.0	2100	.285	1.00	1.18	1.33	.260									
2	LEGUIJT	C02-U	30	15	27.0	52.50	-326.0	70.0	2	12	2	12	400.0	28.0	2100	.080	1.00	1.11	2.00	.171									
3	/36/	C03-U	20	15	17.0	26.50	-321.0	35.3	2	12	2	12	400.0	28.0	2100	.127	1.00	1.18	1.33	.218									
4		C04-U	30	15	27.0	57.00	-313.0	76.0	2	14	2	14	400.0	28.0	2100	.109	1.00	1.11	2.00	.186									
5		C05-U	25	15	22.0	49.00	-326.0	65.3	2	14	2	14	400.0	28.0	2106	.133	1.00	1.14	1.67	.241									
6		C06-U	25	15	22.0	42.50	-332.0	56.7	2	14	2	14	400.0	28.0	2100	.133	1.00	1.14	1.67	.209									
7		C07-U	25	15	22.0	39.00	-328.0	52.0	2	8	2	8	400.0	28.0	2106	.044	1.00	1.14	1.67	.192									
8		C08-U	25	15	22.0	32.00	-322.0	42.7	2	8	2	8	400.0	28.0	2100	.044	1.00	1.14	1.67	.157									
9		C09-U	20	15	17.0	35.50	-317.0	47.3	2	18	2	18	400.0	28.0	2100	.285	1.00	1.18	1.33	.292									
10		C10-U	25	15	22.0	39.00	-416.5	52.5	2	14	2	14	400.0	28.0	2100	.133	1.00	1.14	1.67	.192									
11		C11-U	25	15	22.0	43.50	-317.0	58.0	2	18	2	18	400.0	28.0	2100	.220	1.00	1.14	1.67	.214									
12		C12-U	25	15	22.0	45.00	-316.0	60.0	2	18	2	18	400.0	28.0	2100	.220	1.00	1.14	1.67	.221									
13		C13-U	20	15	17.0	26.00	-304.0	34.7	2	18	2	18	400.0	15.3	2100	.522	1.00	1.18	1.33	.392									
14		C14-U	25	15	22.0	28.00	-308.0	37.3	2	14	2	14	400.0	15.3	2100	.244	1.00	1.14	1.67	.252									
15		C15-U	20	15	17.0	24.50	-300.0	32.7	2	18	2	18	400.0	15.3	2106	.522	1.00	1.18	1.33	.369									
16		C16-U	25	15	22.0	30.00	-303.0	40.0	2	14	2	14	400.0	15.3	2106	.244	1.00	1.14	1.67	.270									
17	GEORGOUSSIS/	AB1-U	15	15	12.1	.01	-866.4	.0	2	16	2	16	322.0	46.2	2100	.154	1.00	1.24	1.00	.000									
18	PHIPPS	AB2-U	15	15	12.1	.01	-776.6	.0	2	16	2	16	249.0	51.6	2100	.107	1.00	1.24	1.00	.000									
19	/34/	AB3-U	15	15	12.1	.01	-930.8	.0	2	16	2	16	249.0	50.7	2100	.109	1.00	1.24	1.00	.000									
20		IN1-U	20	15	17.2	.10	-381.0	.2	2	16	2	16	504.0	53.6	2104	.141	1.00	1.19	1.31	.000									
21	SARSAM	IN2-U	20	15	17.4	.99	-380.0	1.6	2	16	2	16	504.0	45.7	2100	.166	1.00	1.20	1.35	.005									
22	/28/	IN3-U	20	15	17.1	1.86	-389.0	3.0	2	16	2	16	504.0	49.7	2100	.154	1.00	1.20	1.33	.008									
23		IN4-U	20	15	17.3	.55	-370.0	.9	2	16	2	16	504.0	38.4	2104	.197	1.00	1.19	1.33	.003									

$$\eta = \frac{e}{d} = \frac{M}{N \cdot d}$$

$$\rho = \frac{A_s'}{A_s}$$

$$\phi \rightarrow \phi_{calc} \cdot 10^4$$

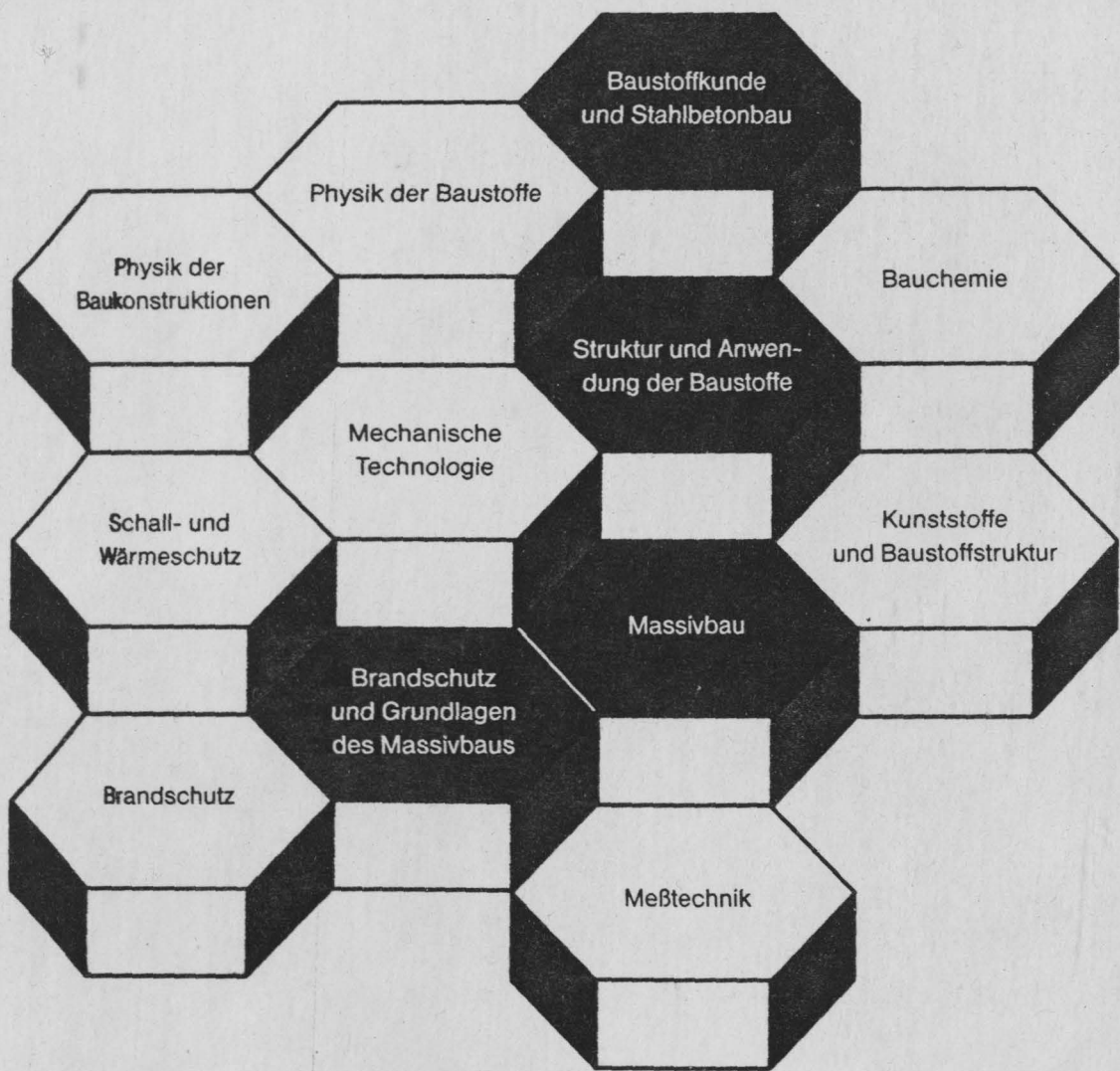
Räumliche Rahmeninnenknoten /Stütze, unten/																			
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$ n \varnothing	λ_s n \varnothing	β_s	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[N/mm2]	[N/mm2]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	GEORGOUSSIS/	BL1-U	15	15	10.5	.01	1156.0	.0	2 16	2 16	250.0	53.4	2100	.120	1.00	1.43	1.00	.000	.000
2	PHIPPS	BL2-U	15	15	10.5	.01	907.0	.0	2 16	2 16	250.0	45.6	2100	.140	1.00	1.43	1.00	.000	.000
3	/34/	BL3-U	15	15	10.5	.01	837.0	.0	2 16	2 16	250.0	43.2	2100	.148	1.00	1.43	1.00	.000	.000
4		BL4-U	15	15	10.5	.01	786.0	.0	2 16	2 16	250.0	47.9	2100	.133	1.00	1.43	1.00	.000	.000
5		GC1-U	15	15	10.5	.01	1110.0	.0	2 16	2 16	316.0	53.9	2100	.150	1.00	1.43	1.00	.000	.000
6		GA1-U	15	15	10.5	.01	1226.0	.0	2 16	2 16	316.0	47.2	2100	.171	1.00	1.43	1.00	.000	.000
7		GA2-U	15	15	10.5	.01	1483.0	.0	2 16	2 16	316.0	53.5	2100	.151	1.00	1.43	1.00	.000	.000
8		GA3-U	15	15	10.5	.01	1280.0	.0	2 16	2 16	316.0	58.7	2100	.137	1.00	1.43	1.00	.000	.000
9		GD1-U	15	15	10.5	.01	1153.0	.0	4 16	4 16	316.0	50.7	2100	.318	1.00	1.43	1.00	.000	.000
10		GD2-U	15	15	10.5	.01	965.0	.0	4 16	4 16	316.0	48.0	2100	.336	1.00	1.43	1.00	.000	.000

Räumliche Rahmeninnenknoten /Stütze, oben/																					
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D	B	H	M	N	Q	$\lambda_{s'}$	λ_s	β_s	β_D	BEW.F	ω	γ	D/H	D/B	m_u	η		
			[cm]	[cm]	[cm]	[kNm]	[kN]	[kN]	n	\varnothing	n	\varnothing	[N/mm2]	[N/mm2]		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
1	GEORGOUSSIS/	BL1-O	15	15	10.5	.01	1150.0	.0	2	16	2	16	250.0	53.4	2100	.120	1.00	1.43	1.00	.000	.000
2	PHIPPS	BL2-O	15	15	10.5	.01	900.0	.0	2	16	2	16	250.0	45.6	2100	.140	1.00	1.43	1.00	.000	.000
3	/34/	BL3-O	15	15	10.5	.01	820.0	.0	2	16	2	16	250.0	43.2	2100	.148	1.00	1.43	1.00	.000	.000
4		BL4-O	15	15	10.5	.01	760.0	.0	2	16	2	16	250.0	47.9	2100	.133	1.00	1.43	1.00	.000	.000
5		GC1-O	15	15	10.5	.01	957.0	.0	2	16	2	16	316.0	53.9	2100	.150	1.00	1.43	1.00	.000	.000
6		GA1-O	15	15	10.5	.01	1038.0	.0	2	16	2	16	316.0	47.2	2100	.171	1.00	1.43	1.00	.000	.000
7		GA2-O	15	15	10.5	.01	1236.0	.0	2	16	2	16	316.0	53.5	2100	.151	1.00	1.43	1.00	.000	.000
8		GA3-O	15	15	10.5	.01	1047.0	.0	2	16	2	16	316.0	58.7	2100	.137	1.00	1.43	1.00	.000	.000
9		GD1-O	15	15	10.5	.01	960.0	.0	2	16	2	16	316.0	50.7	2100	.159	1.00	1.43	1.00	.000	.000
10		GD2-O	15	15	10.5	.01	804.0	.0	2	16	2	16	316.0	48.0	2100	.168	1.00	1.43	1.00	.000	.000

Räumliche Rahmeninnenknoten /Riegel 1/																				
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	$\lambda_{s'}$ n [mm]	λ_s n [mm]	β_s [N/mm ²]	β_p [N/mm ²]	BEW.F	ω [-]	γ [-]	D/H [-]	D/B [-]	m_y [-]	η [-]	
1	GEORGOUSSIS/	BL1-R	15	15	11.7	2.17	.0	1.5	2 6	2 16	250.0	30.9	2100	.185	.14	1.28	1.00	.034	- -	
2	PHIPPS	BL2-R	15	15	11.9	2.75	.0	1.9	2 6	2 12	350.0	25.9	2100	.171	.25	1.26	1.00	.050	- -	
3	/34/	BL3-R	23	15	11.9	6.59	.0	4.6	2 6	2 12	350.0	20.4	2100	.217	.25	1.93	1.53	.152	- -	
4		BL4-R	30	15	27.4	9.57	.0	6.6	2 6	2 12	350.0	22.4	2100	.086	.25	1.11	2.03	.038	- -	
5		GC1-R	30	15	27.4	55.20	.0	38.3	2 6	2 22	460.0	22.1	2100	.385	.07	1.11	2.03	.222	- -	
6		GA1-R	43	15	39.7	67.70	.0	47.0	2 10	2 20	490.0	16.5	2100	.313	.25	1.09	2.88	.174	- -	
7		GA2-R	55	15	52.4	88.90	.0	61.7	2 12	2 20	490.0	20.0	2100	.196	.36	1.07	3.73	.108	- -	
8		GA3-R	71	15	67.6	83.80	.0	58.2	2 12	2 20	490.0	21.7	2100	.140	.36	1.05	4.74	.056	- -	
9		GD1-R	43	15	39.7	48.20	.0	48.2	2 10	2 20	490.0	18.7	2100	.276	.25	1.09	2.88	.109	- -	
10		GD2-R	43	15	39.7	83.62	.0	40.2	2 10	2 20	490.0	18.6	2100	.278	.25	1.09	2.88	.190	- -	

Räumliche Rahmeninnenknoten /Riegel 2/										$\lambda_{s'}$		λ_s		β_s		β_p		BEW.F		ω	γ	D/H	D/B	m_y	η
NR	AUTOR	BEZEICHNUNG	D [cm]	B [cm]	H [cm]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	n	s [mm]	n	s [mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]											
1	GEORGOUSSIS/	BL1-S	15	15	10.1	1.88	.0	1.3	2	6	2	16	250.0	30.9	2100	.215	.14	1.49	1.00	.040	-	-			
2	PHIPPS	BL2-S	15	15	10.7	2.24	.0	1.6	2	6	2	12	350.0	25.9	2100	.190	.25	1.40	1.00	.050	-	-			
3	/34/	BL3-S	23	15	18.7	6.01	.0	4.2	2	6	2	12	350.0	20.4	2100	.138	.25	1.23	1.53	.056	-	-			
4		BL4-S	30	15	26.2	9.03	.0	6.3	2	6	2	12	350.0	22.4	2100	.090	.25	1.16	2.03	.039	-	-			
5		GC1-S	30	15	25.2	55.20	.0	38.3	2	6	2	22	460.0	22.1	2100	.419	.07	1.21	2.03	.262	-	-			
6		GA1-S	43	15	37.7	67.70	.0	47.0	2	10	2	20	490.0	16.5	2100	.330	.25	1.15	2.88	.192	-	-			
7		GA2-S	55	15	50.4	88.90	.0	61.7	2	12	2	20	490.0	20.0	2100	.204	.36	1.11	3.73	.117	-	-			
8		GA3-S	71	15	65.6	83.80	.0	58.2	2	12	2	20	490.0	21.7	2100	.144	.36	1.08	4.74	.060	-	-			
9		GD1-S	43	15	37.7	48.20	.0	48.2	2	10	2	20	490.0	18.7	2100	.291	.25	1.15	2.88	.121	-	-			
10		GD2-S	43	15	37.7	83.62	.0	40.2	2	10	2	20	490.0	18.6	2100	.293	.25	1.15	2.88	.211	-	-			

FACHGEBIETE
UND ABTEILUNGEN



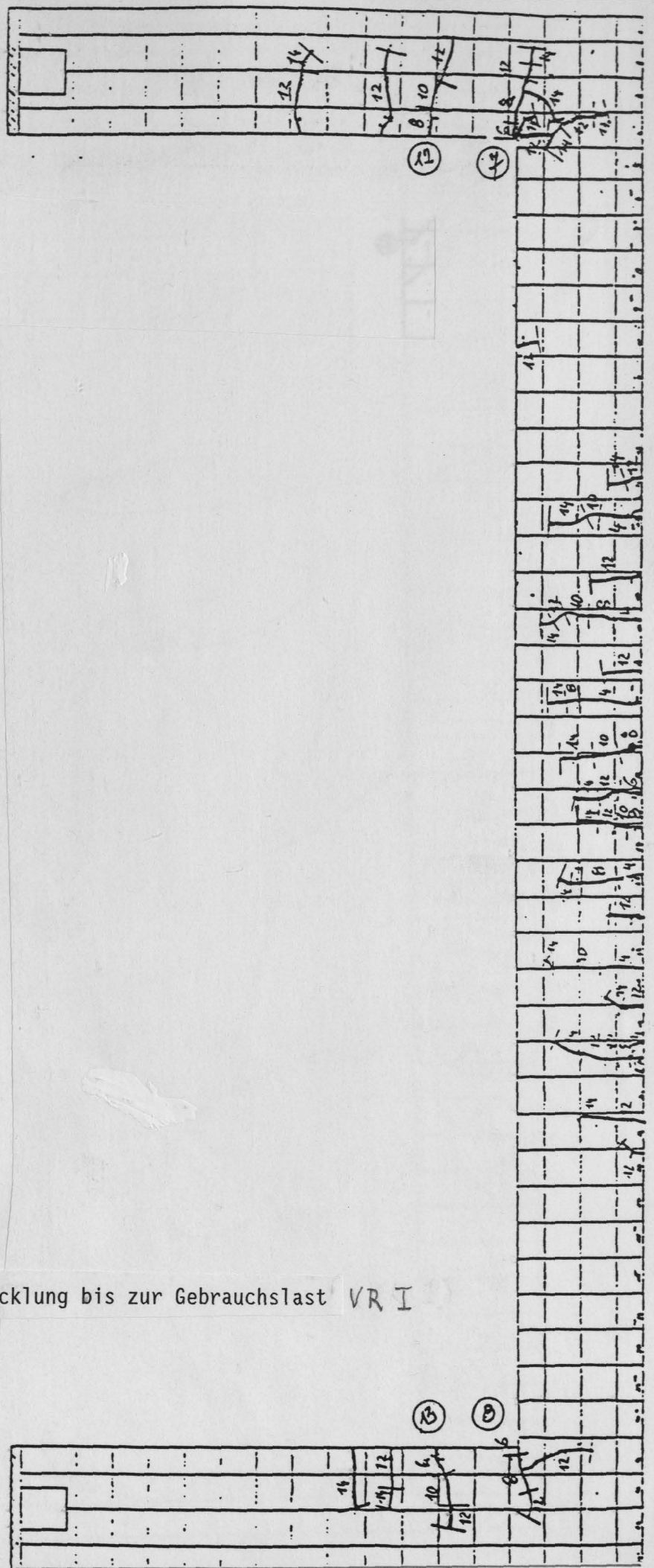


Bild 2.21: Rißentwicklung bis zur Gebrauchslast VR I

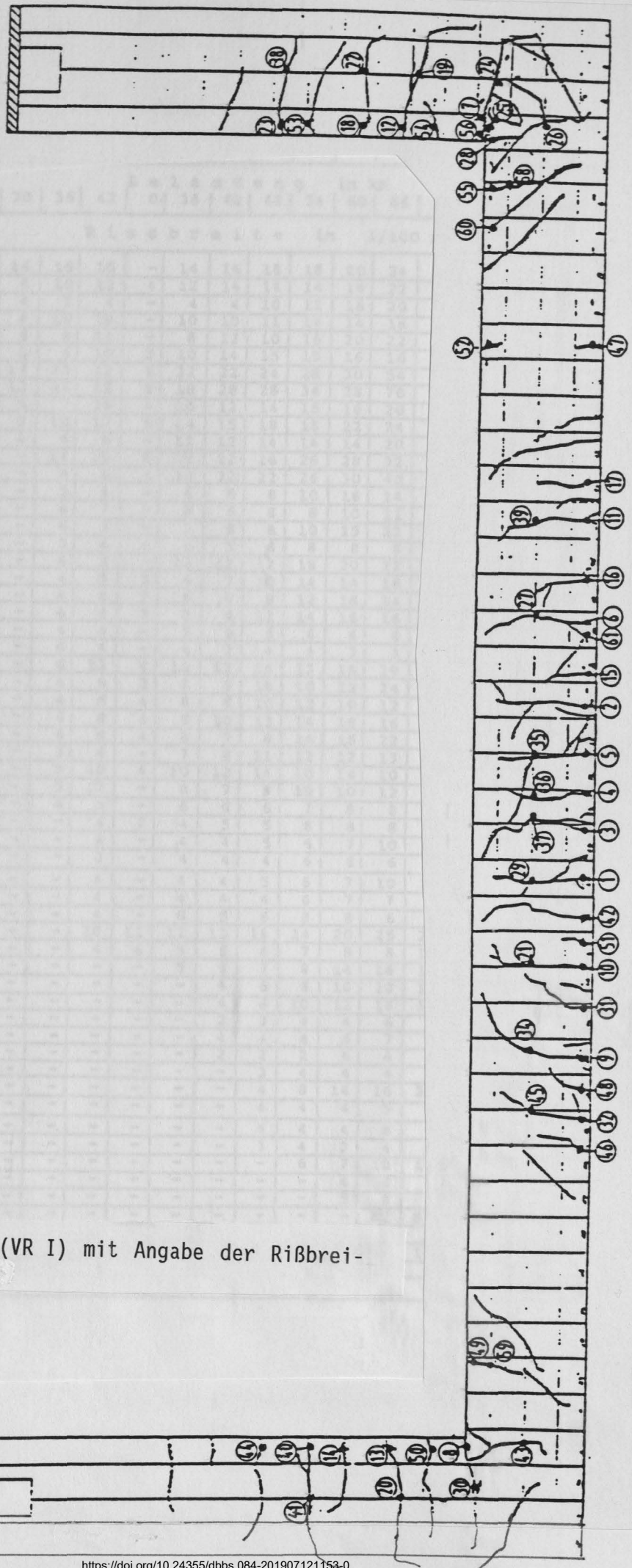


Bild 2.22: Gesamtrißbild (VR I) mit Angabe der Rißbreitenmeßpunkte

Versuchsrahmen 1

Riss	Laststufe														
	8	10	12	14	16	19	20	22	24	26	29	31	34	36	38
	Belastung in kN														
	24	30	36	42	0	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
Rissbreite in 1/100 mm															
1	8	14	16	16	-	14	16	18	18	20	24	24	24	28	40
2	6	8	10	12	4	12	14	14	14	14	22	22	24	28	32
3	3	4	5	4	-	4	4	10	12	16	20	22	28	38	58
4	6	8	10	10	-	10	10	11	14	14	16	16	9	11	12
5	5	6	8	11	-	8	12	10	16	20	22	30	36	46	40
6	4	5	6	10	3	10	14	15	15	16	16	26	26	24	32
7	6	14	12	12	6	22	22	24	28	30	54	-	52	52	-
8	6	12	18	22	8	18	28	28	34	38	70	50	64	72	66
9	-	5	7	10	4	10	12	14	15	16	20	24	23	60	-
10	-	8	10	12	5	14	15	18	18	22	24	26	31	40	38
11	-	4	6	6	-	12	12	14	14	14	20	12	14	18	22
12	-	-	14	16	6	22	22	26	26	28	32	40	50	74	180
13	-	-	8	8	4	20	22	22	26	30	40	54	58	96	180
14	-	-	5	6	-	6	6	8	10	18	14	14	18	12	16
15	-	-	6	7	-	8	6	8	8	10	11	11	12	34	30
16	-	-	6	7	-	7	8	8	10	15	22	22	32	33	-
17	-	-	3	4	-	6	5	6	8	8	8	8	8	8	8
18	-	-	6	8	-	12	12	12	18	20	22	24	12	16	26
19	-	-	4	5	3	6	7	10	14	14	16	16	20	36	96
20	-	-	4	6	2	8	8	8	12	16	24	24	34	63	90
21	-	-	6	8	3	8	8	11	14	16	16	22	16	16	16
22	-	-	4	4	-	5	5	5	6	6	6	6	6	6	4
23	-	-	6	4	-	4	3	4	4	3	3	3	2	3	2
24	-	-	6	12	4	10	12	14	13	18	19	22	8	6	54
25	-	-	4	6	2	8	8	10	10	12	24	24	26	28	25
26	-	-	4	6	4	8	8	10	12	10	12	12	12	12	8
27	-	-	6	8	4	8	10	13	14	18	16	20	22	24	20
28	-	-	6	8	4	8	7	8	14	15	22	22	28	44	40
29	-	-	5	6	-	7	8	11	12	12	13	16	18	24	24
30	-	-	5	10	4	10	12	14	10	14	10	11	4	3	4
31	-	-	5	7	-	6	7	8	10	10	12	14	13	17	20
32	-	-	4	5	-	6	6	6	7	8	8	9	6	5	6
34	-	-	-	4	2	4	5	5	8	8	8	8	17	24	24
35	-	-	-	4	-	4	4	5	6	7	10	10	14	18	24
36	-	-	-	3	-	4	4	4	6	6	6	8	8	10	16
37	-	-	-	4	-	4	4	5	6	7	10	12	11	11	12
38	-	-	-	4	-	4	4	4	6	7	7	7	6	7	8
39	-	-	-	4	-	6	5	6	8	8	6	6	5	6	6
40	-	-	-	10	11	12	13	18	14	20	25	28	36	35	66
41	-	-	-	4	6	5	5	6	7	8	8	10	13	17	30
42	-	-	-	-	-	5	6	7	8	14	16	16	24	34	42
43	-	-	-	-	-	-	6	6	8	10	10	12	10	10	8
44	-	-	-	-	-	-	6	6	10	12	16	16	15	15	14
45	-	-	-	-	-	-	2	3	4	4	6	6	3	4	4
46	-	-	-	-	-	-	4	4	4	6	7	7	7	8	6
47	-	-	-	-	-	-	2	2	2	6	4	4	6	8	12
48	-	-	-	-	-	-	-	3	4	4	4	4	8	11	-
49	-	-	-	-	-	-	-	4	8	14	16	20	22	20	20
50	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	5	5	4	5	6
51	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	6	6	5	6	6
52	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	4	4	3	4	2
53	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7	10	10	14	16	18
54	-	-	-	-	-	-	-	-	4	8	7	12	16	16	16
55	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8	6	8	8	8	8
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	82	100	114	150	150
58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5	5	6	6	6
59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	18	15	15	14	14
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	3	5	4	4
61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7	12	26	26

Bild 2.23: Rißbreiten zu den einzelnen Laststufen, VR I

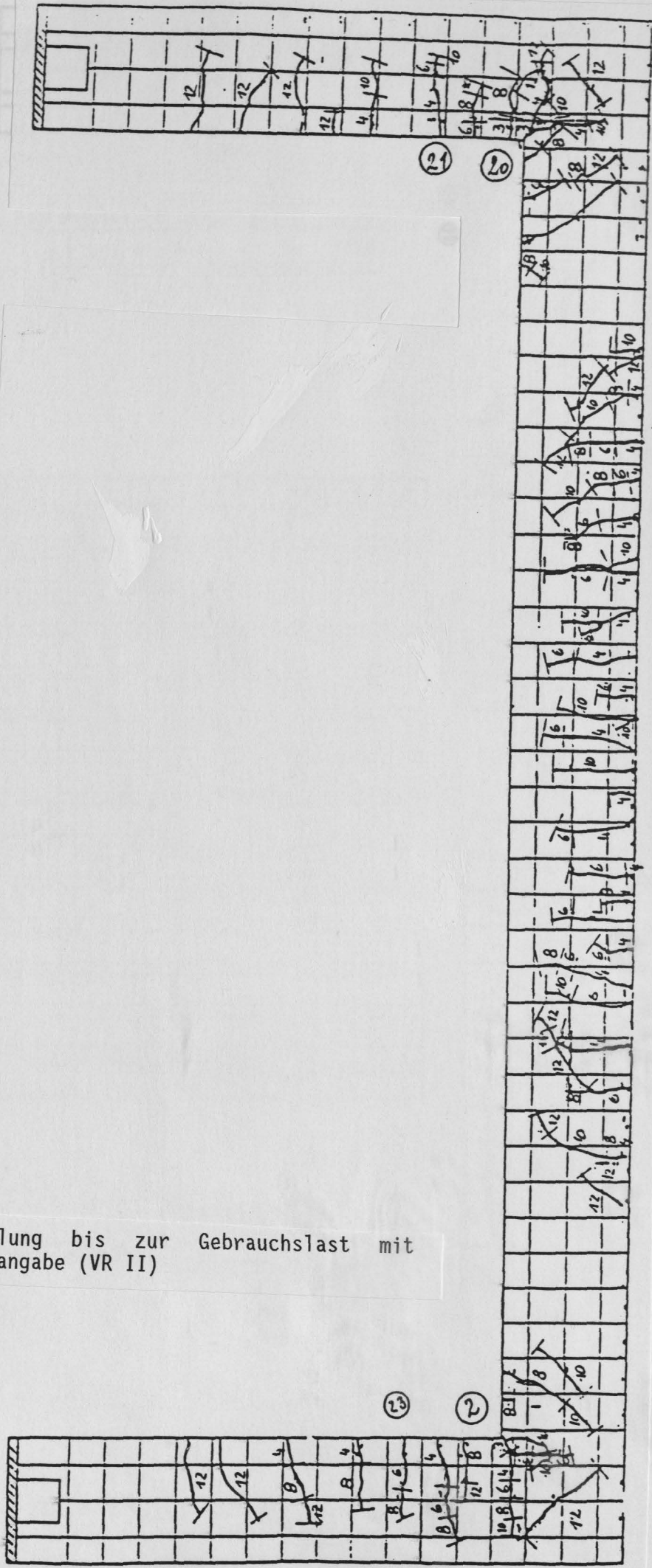
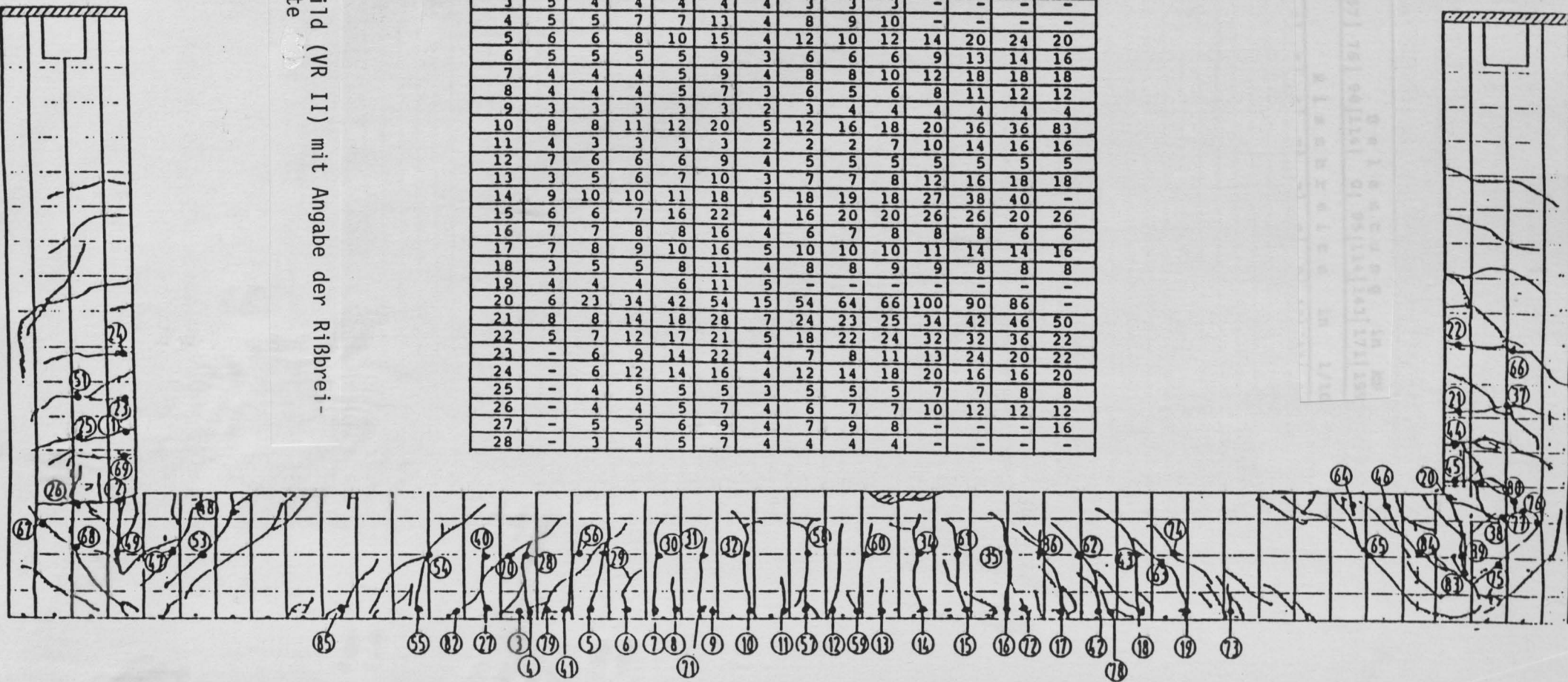


Bild 2.33: Rißentwicklung bis zur Gebrauchslast mit Laststufenangabe (VR II)

Bild 2.34: Gesamttribild (VR II) mit Angabe der Ribbreite-
tenneßpunkte

Riss	Laststufe													
	4	6	8	10	12	14	29	31	34	37	40	43	48	
	Belastung in kN													
	38	57	76	90	114	0	95	114	143	171	199	211	222	
Rissbreite in 1/100 mm														
1	5	6	7	7	10	4	8	9	10	11	14	14	16	
2	5	7	14	16	20	5	18	22	24	32	40	54	67	
3	5	4	4	4	4	4	3	3	3	-	-	-	-	
4	5	5	7	7	13	4	8	9	10	-	-	-	-	
5	6	6	8	10	15	4	12	10	12	14	20	24	20	
6	5	5	5	5	9	3	6	6	6	9	13	14	16	
7	4	4	4	5	9	4	8	8	10	12	18	18	18	
8	4	4	4	5	7	3	6	5	6	8	11	12	12	
9	3	3	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	4	
10	8	8	11	12	20	5	12	16	18	20	36	36	83	
11	4	3	3	3	3	2	2	2	7	10	14	16	16	
12	7	6	6	6	9	4	5	5	5	5	5	5	5	
13	3	5	6	7	10	3	7	7	8	12	16	18	18	
14	9	10	10	11	18	5	18	19	18	27	38	40	-	
15	6	6	7	16	22	4	16	20	20	26	26	20	26	
16	7	7	8	8	16	4	6	7	8	8	8	6	6	
17	7	8	9	10	16	5	10	10	10	11	14	14	16	
18	3	5	5	8	11	4	8	8	9	9	8	8	8	
19	4	4	4	6	11	5	-	-	-	-	-	-	-	
20	6	23	34	42	54	15	54	64	66	100	90	86	-	
21	8	8	14	18	28	7	24	23	25	34	42	46	50	
22	5	7	12	17	21	5	18	22	24	32	32	36	22	
23	-	6	9	14	22	4	7	8	11	13	24	20	22	
24	-	6	12	14	16	4	12	14	18	20	16	16	20	
25	-	4	5	5	5	3	5	5	5	7	7	8	8	
26	-	4	4	5	7	4	6	7	7	10	12	12	12	
27	-	5	5	6	9	4	7	9	8	-	-	-	16	
28	-	3	4	5	7	4	4	4	4	-	-	-	-	



Versuchsrahmen 2

Riss	Laststufe													
	4	6	8	10	12	14	29	31	34	37	40	43	48	
	Belastung in kN													
	38	57	76	90	114	0	95	114	143	171	199	211	222	
	Rissbreite in 1/100 mm													
29	-	4	5	6	7	3	9	9	10	12	16	16	10	
30	-	3	4	5	7	3	7	7	8	9	13	16	18	
31	-	3	4	4	5	3	5	5	5	6	9	9	12	
32	-	3	3	4	5	2	4	5	5	6	8	10	38	
33	-	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	4	4	
34	-	3	3	3	5	2	5	5	5	7	10	12	56	
35	-	4	5	5	8	3	9	9	10	10	8	10	10	
36	-	3	4	4	5	3	4	4	5	16	22	28	28	
37	-	4	5	6	9	3	8	14	8	7	7	8	5	
38	-	5	8	12	14	6	10	9	10	13	18	22	24	
39	-	3	4	5	5	3	8	8	8	8	8	12	20	
40	-	-	3	3	3	2	-	-	-	-	-	-	-	
41	-	-	3	3	4	2	4	4	6	6	6	6	6	
42	-	-	5	8	13	4	10	10	11	9	9	10	10	
43	-	-	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	
44	-	-	3	4	7	3	5	6	6	5	5	4	4	
45	-	-	2	3	5	2	4	4	4	4	4	4	2	
46	-	-	3	5	7	3	7	7	11	11	16	16	18	
47	-	-	2	4	6	3	6	6	7	9	16	15	10	
48	-	-	5	5	5	3	5	5	5	6	5	6	11	
49	-	-	3	5	6	3	4	4	4	4	5	5	8	
50	-	-	5	5	6	3	5	5	6	8	8	8	7	
51	-	-	3	4	8	3	7	8	11	12	14	14	14	
52	-	-	-	4	11	5	11	10	12	16	16	24	24	
53	-	-	-	3	8	4	7	7	8	12	20	18	18	
54	-	-	-	5	13	5	13	13	14	20	21	22	24	
55	-	-	-	4	6	3	-	-	-	-	-	-	-	
56	-	-	-	3	5	2	5	5	5	7	7	7	6	
57	-	-	-	4	7	2	5	5	5	6	7	16	34	
58	-	-	-	4	4	2	4	4	4	4	8	24	34	
59	-	-	-	4	5	2	5	5	6	8	16	18	20	
60	-	-	-	4	5	3	5	5	5	7	10	12	14	
61	-	-	-	3	6	2	6	6	6	8	18	16	22	
62	-	-	-	3	7	3	11	11	15	18	24	32	26	
63	-	-	-	4	21	5	16	16	20	28	26	26	22	
64	-	-	-	4	4	2	3	4	4	4	5	4	4	
65	-	-	-	16	22	6	22	22	22	25	42	42	80	
66	-	-	-	4	5	3	4	5	5	5	4	4	4	
67	-	-	-	-	5	4	5	5	5	6	7	9	10	
68	-	-	-	-	6	3	6	7	11	12	18	18	20	
69	-	-	-	-	7	3	6	8	8	10	12	12	12	
70	-	-	-	-	9	3	13	13	14	-	-	-	-	
71	-	-	-	-	12	3	10	10	12	16	21	24	24	
72	-	-	-	-	9	3	7	7	11	13	18	20	20	
73	-	-	-	-	13	5	13	11	15	15	16	14	17	
74	-	-	-	-	9	5	-	-	-	-	-	-	-	
75	-	-	-	-	10	5	8	8	11	10	16	20	20	
76	-	-	-	-	-	-	-	5	5	6	6	3	6	
77	-	-	-	-	-	-	-	6	7	5	6	2	5	
78	-	-	-	-	-	-	-	4	5	7	8	7	7	
79	-	-	-	-	-	-	-	9	12	-	-	-	-	
80	-	-	-	-	-	-	-	8	11	18	4	22	38	
81	-	-	-	-	-	-	-	4	5	5	5	5	3	
82	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	6	6	5	
83	-	-	-	-	-	-	-	-	12	22	22	24	25	
84	-	-	-	-	-	-	-	-	10	18	24	28	10	
85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11	8	

Bild 2.35: Rißbreiten zu den einzelnen Laststufen, VR II

Spalte

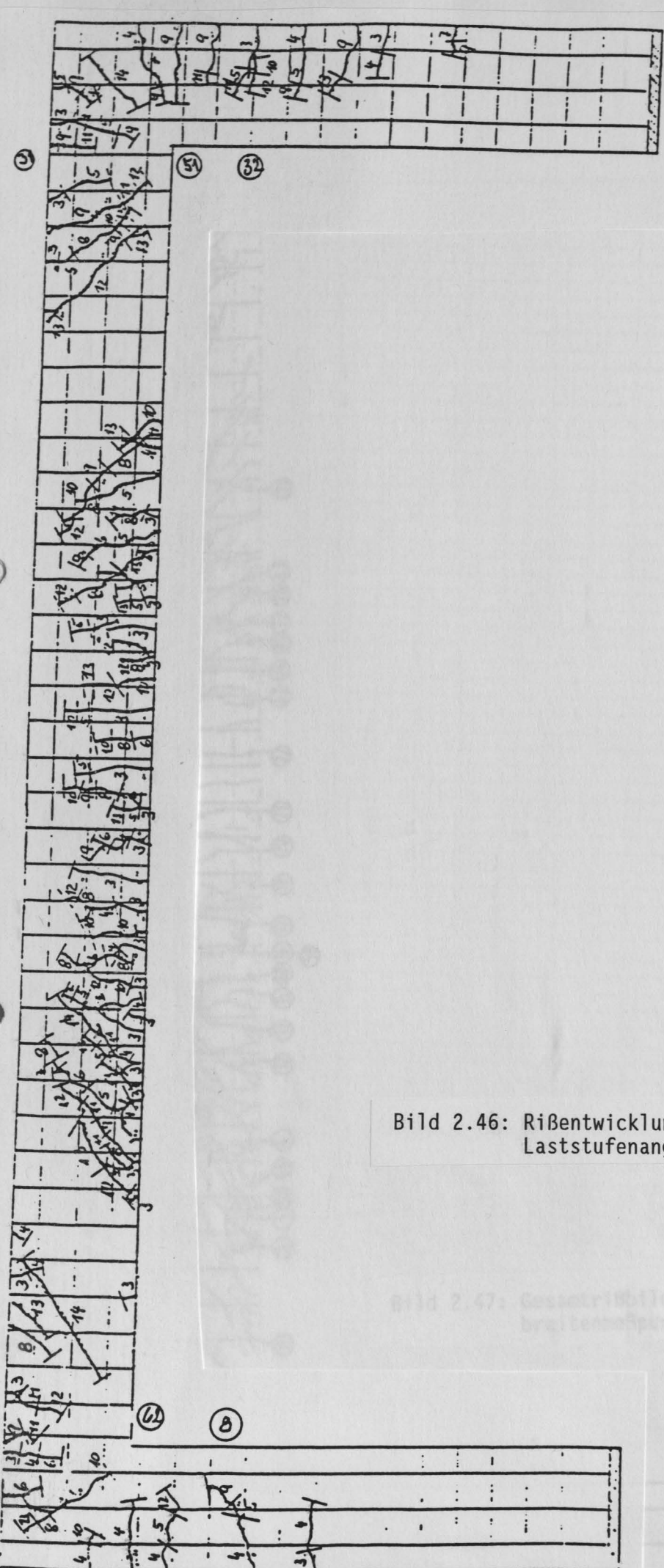


Bild 2.46: Rißentwicklung bis zur Gebrauchslast mit Laststufenangabe (VR III)

Bild 2.47: Gesamttribbild (VR I/II) mit Angabe der Rißbreitenmesspunkte

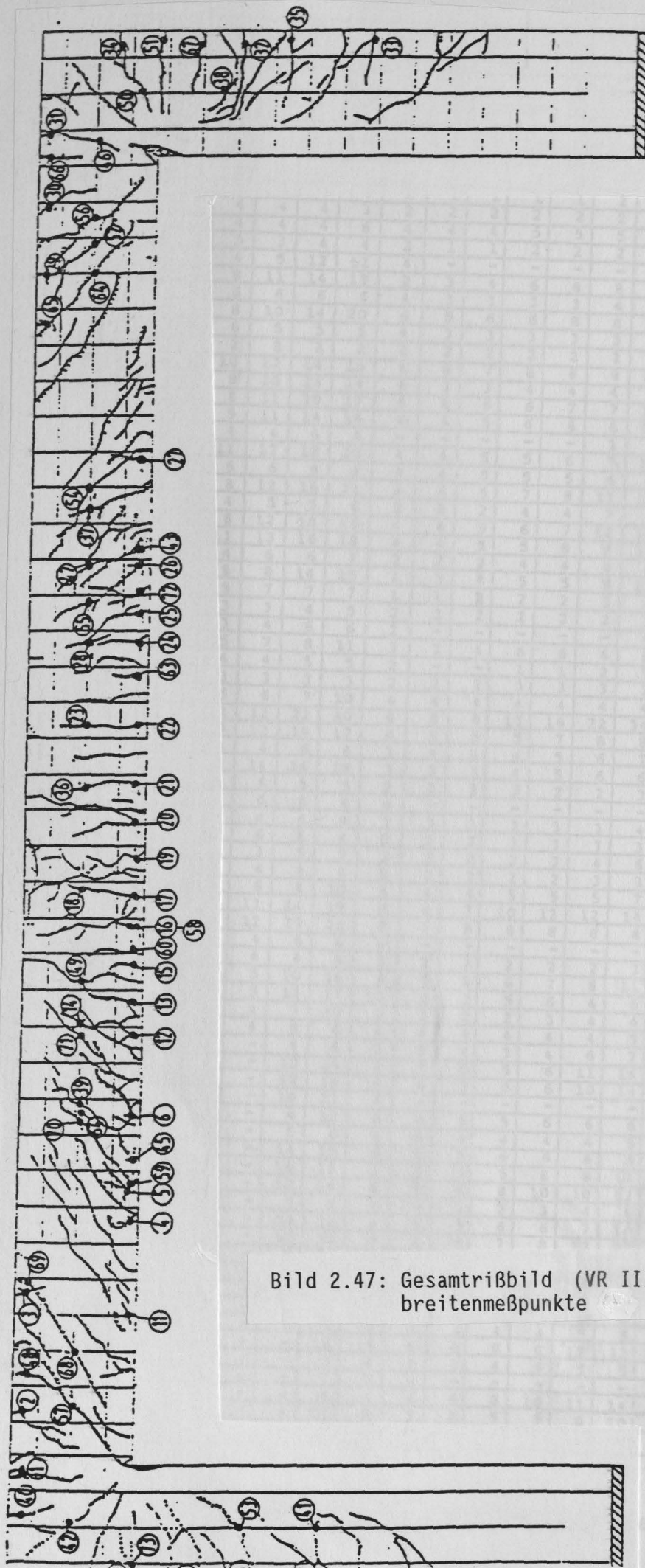


Bild 2.47: Gesamtrißbild (VR III) mit Angabe der Rißbreitenmeßpunkte

Riss	Laststufe															
	4	6	8	12	14	15	22	24	26	28	30	33	36	38	40	42
	Belastung in kN															
	56	84	112	154	196	0	0	28	56	84	112	154	196	224	252	280
	Rissbreite in 1/100 mm															
1	4	5	6	6	5	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
2	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	4	4	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	3	4	4	4	4	6	4	4	4	5	5	5	6	7	7	7
5	3	3	3	4	4	2	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4
6	4	4	5	12	12	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5	8	11	14	15	2	3	4	6	8	10	14	18	20	24	24
8	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	4	4	4	40	58	66
9	6	8	10	14	20	6	5	6	6	8	8	10	11	16	20	36
10	6	6	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	8	10	12	14	15	6	6	7	8	8	8	14	14	16	20	22
13	8	9	10	14	14	6	3	3	4	4	4	4	5	7	8	8
14	5	8	11	20	17	6	6	6	6	7	7	10	12	14	10	12
15	7	9	11	14	16	4	4	5	6	6	6	12	14	18	24	24
16	3	4	4	4	4	-	-	-	-	-	1	2	2	2	2	2
17	8	11	13	18	20	4	4	5	5	6	7	16	18	22	26	34
18	5	6	6	8	8	4	4	5	5	5	6	6	6	8	8	8
19	5	8	12	16	21	4	4	5	7	8	11	18	19	22	27	40
20	4	4	5	5	6	2	2	2	4	4	7	8	9	12	16	22
21	6	8	12	18	18	4	4	5	6	7	12	14	18	19	24	52
22	9	11	13	16	18	4	4	5	5	8	8	14	16	20	24	30
23	4	4	6	6	7	2	2	3	4	4	4	4	4	6	8	8
24	6	8	8	14	15	3	3	4	5	5	9	12	16	18	20	20
25	4	5	7	7	7	1	1	2	2	2	3	4	4	8	8	13
26	3	3	3	4	5	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4
27	2	3	4	6	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	4	5	7	8	11	3	3	4	6	6	6	6	12	14	15	24
29	4	4	4	5	5	2	-	-	1	1	2	3	4	4	4	4
30	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4
31	3	5	6	7	10	4	4	4	4	4	4	4	6	10	12	18
32	7	12	12	22	40	8	8	8	13	16	22	34	38	38	52	40
33	6	9	12	14	12	4	5	5	5	7	8	8	10	10	12	16
34	3	4	4	6	8	3	4	4	4	5	6	7	12	12	16	18
35	4	8	14	16	18	3	3	3	4	5	6	6	9	11	12	6
36	-	4	4	5	5	2	1	2	2	2	2	3	4	4	5	14
37	-	4	6	6	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	-	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
39	-	6	6	6	4	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
40	-	3	3	5	7	2	2	2	2	3	4	6	6	8	8	10
41	-	3	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4
42	-	4	6	8	10	4	4	4	5	5	7	10	12	14	14	14
43	-	4	11	14	19	6	6	7	10	12	12	14	22	22	26	28
44	-	8	12	20	21	8	7	8	8	8	8	8	8	8	10	10
45	-	4	4	6	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	-	4	4	4	4	3	2	2	2	2	3	5	6	6	6	6
47	-	-	5	10	16	6	5	6	6	7	8	11	14	16	16	20
48	-	-	5	12	17	10	3	3	5	6	6	6	14	20	22	24
49	-	-	4	7	10	2	2	2	2	3	4	4	5	5	8	18
50	-	-	4	6	6	4	4	4	4	4	4	5	5	5	7	7
51	-	-	-	8	8	2	2	2	3	4	6	7	8	12	12	13
52	-	-	-	10	14	6	5	5	5	6	11	16	19	20	26	22
53	-	-	-	10	16	4	4	5	5	6	10	14	13	22	24	38
54	-	-	-	14	21	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	-	-	-	4	12	4	4	5	5	6	6	6	8	12	12	15
56	-	-	-	5	6	4	4	4	4	4	4	5	6	8	8	11
57	-	-	-	14	15	6	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8
58	-	-	-	10	13	2	2	3	5	8	8	14	14	18	10	36
59	-	-	-	12	16	6	6	6	8	10	10	12	14	18	20	22
60	-	-	-	7	9	-	-	1	2	3	4	6	8	12	14	18
61	-	-	-	14	14	4	5	5	6	6	7	10	12	14	14	16
62	-	-	-	12	30	6	5	5	7	8	12	22	30	38	58	88
63	-	-	-	5	10	2	2	2	3	4	5	8	12	12	18	24
64	-	-	-	-	15	4	4	6	8	10	12	12	18	22	32	32
65	-	-	-	-	14	6	4	6	6	6	6	12	16	20	26	26
66	-	-	-	-	8	1	2	2	2	3	6	6	10	10	12	16
67	-	-	-	-	7	3	3	3	4	4	5	6	7	8	8	8
68	-	-	-	-	16	6	6	6	8	8	12	12	16	18	22	26
69	-	-	-	-	5	4	3	3	4	4	5	5	6	7	8	16
70	-	-	-	-	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	-	-	-	-	9	4	6	6	8	10	11	14	20	26	30	32
72	-	-	-	-	12	6	3	4	5	5	8	10	12	16	18	20
73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	40	44

Bild 2.48: Rißbreiten zu den einzelnen Laststufen, VR II f

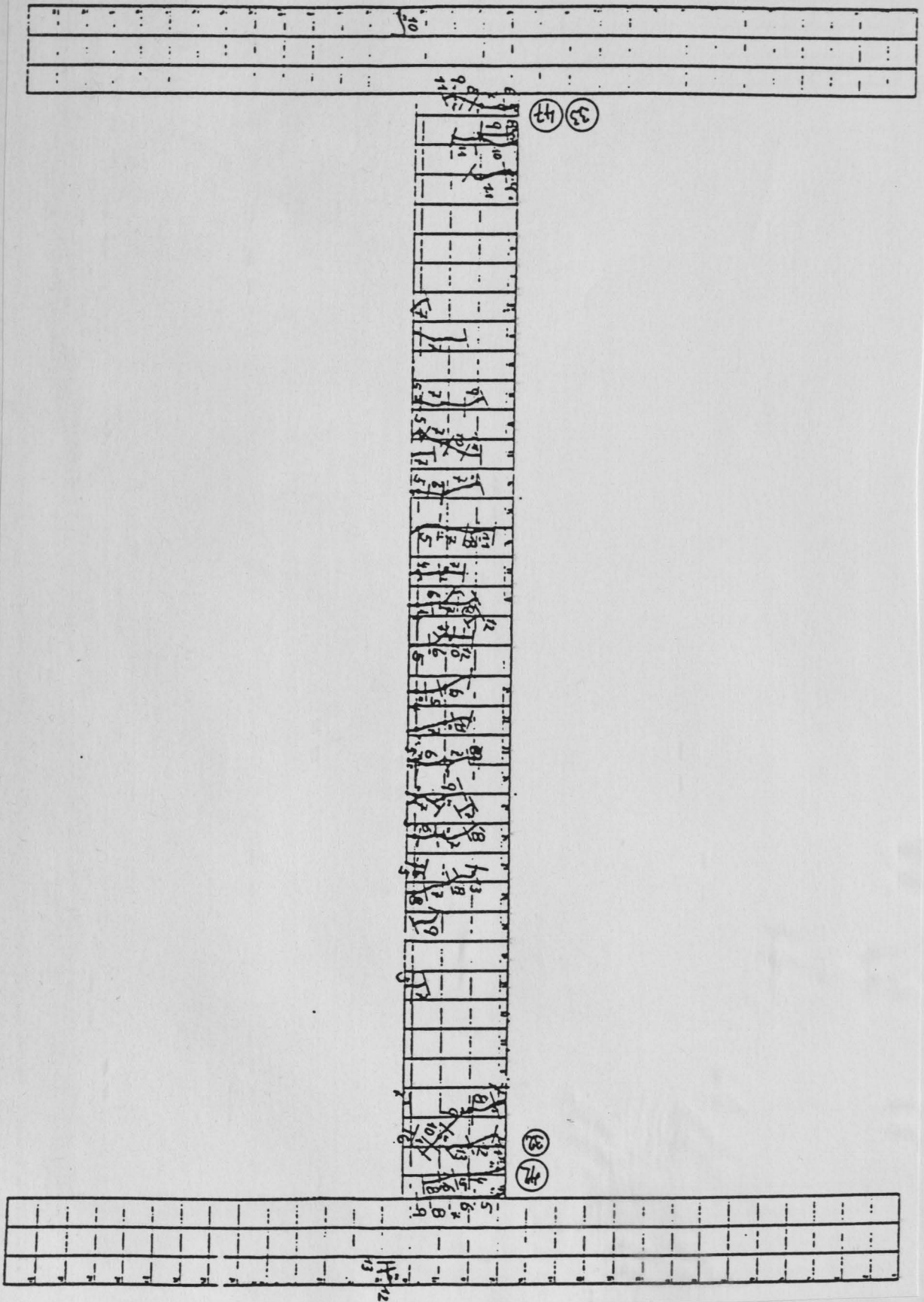


Bild 2.59: Rißentwicklung bis zur Gebrauchslast mit Laststufenangabe (VR IV)

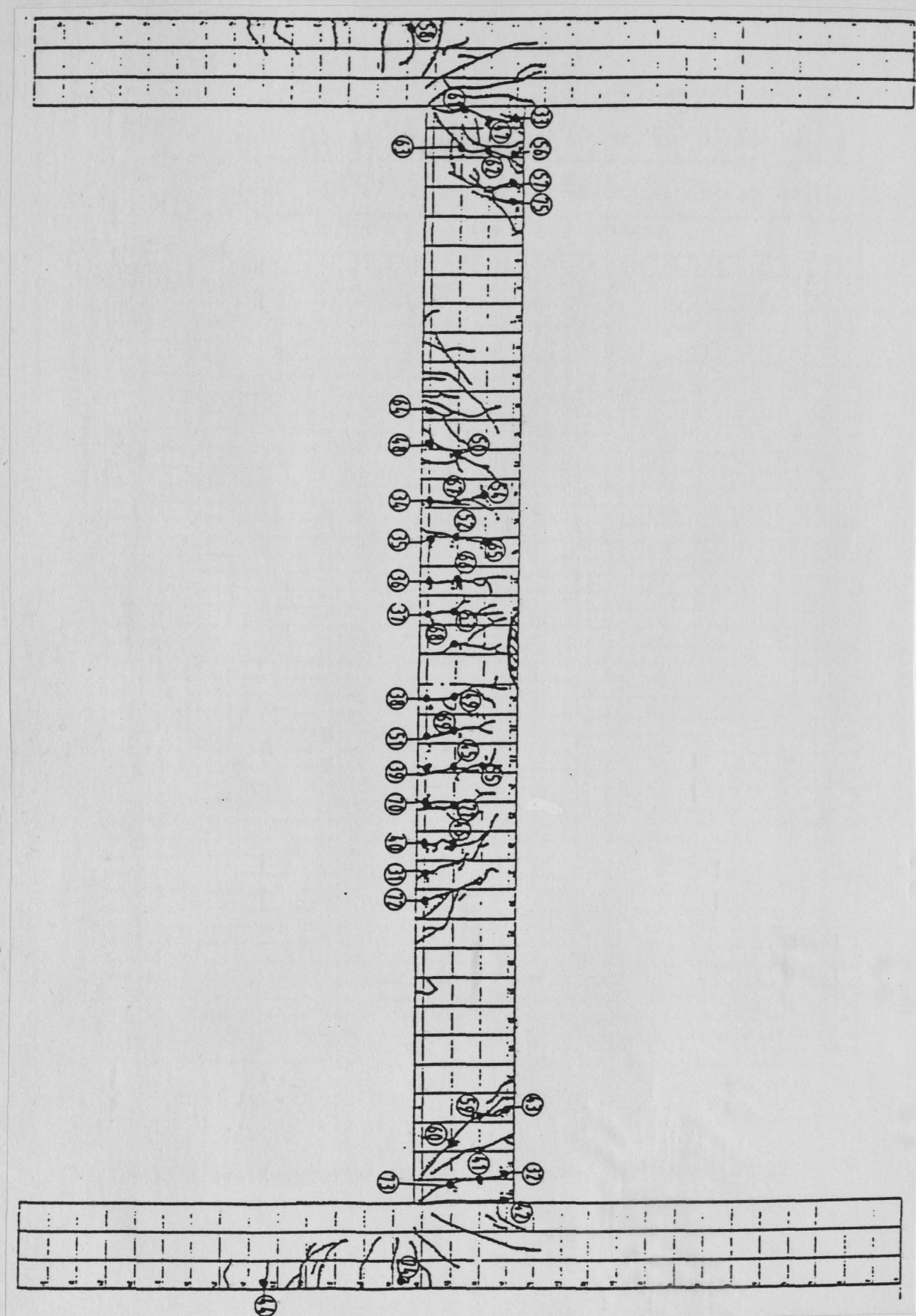


Bild 2.60: Gesamtrißbild (VR IV) mit Angabe der Rißbreitenmeßpunkte

Riss	L a s t s t u f e															
	6	8	11	13	15	17	20	23	25	27	29	31	33	36	38	41
	B e l a s t u n g i n kN															
	33	46	65	78	0	13	33	52	65	78	91	104	117	130	143	156
	R i s s b r e i t e i n 1/100 mm															
31	4	4	4	4	4	-	-	-	-	8	6	8	12	14	16	18
32	13	16	21	20	12	12	12	26	24	28	32	40	48	60	66	96
33	4	8	14	21	18	8	8	36	38	20	32	40	64	92	110	200
34	5	6	11	15	6	8	10	12	17	14	20	20	30	32	34	40
35	5	9	16	17	6	-	-	-	-	18	20	22	32	34	34	66
36	7	11	19	19	6	6	10	14	16	16	22	24	32	36	40	66
37	5	10	11	15	6	6	8	13	14	16	20	22	28	27	32	80
38	5	7	10	13	3	-	-	-	-	14	20	22	24	36	40	78
39	5	10	14	14	6	-	-	-	-	20	22	32	36	36	34	46
40	3	4	11	13	4	6	6	14	18	18	22	24	26	32	30	28
41	5	7	8	8	2	-	-	-	-	3	8	6	8	8	8	8
42	-	14	18	20	8	8	12	18	18	22	32	32	40	60	94	110
43	-	5	21	33	14	14	16	26	34	24	30	40	42	66	68	68
44	-	7	13	14	6	-	-	-	-	8	8	12	22	24	32	32
45	-	6	11	11	5	-	-	-	-	12	22	16	20	26	27	40
46	-	3	5	7	3	-	-	-	-	6	8	8	10	10	16	6
47	-	7	10	20	8	10	10	15	18	-	22	30	36	38	38	105
48	-	4	6	6	2	-	-	-	-	6	12	16	18	20	24	24
49	-	5	7	8	3	-	-	-	-	8	8	14	14	18	18	46
50	-	3	13	15	14	-	-	-	-	18	28	30	38	46	54	66
51	-	-	11	15	4	-	-	-	-	16	18	20	26	26	32	36
52	-	-	6	6	3	-	-	-	-	12	14	16	18	19	22	32
53	-	-	4	4	2	-	-	-	-	10	11	8	14	12	12	28
54	-	-	3	3	3	-	-	-	-	3	14	6	5	6	6	6
55	-	-	3	3	3	-	-	-	-	7	8	6	6	6	10	10
56	-	-	4	5	3	-	-	-	-	8	12	16	20	32	36	36
57	-	-	4	6	2	-	-	-	-	4	10	8	9	8	12	18
58	-	-	3	6	3	-	-	-	-	4	6	8	8	8	7	8
59	-	-	11	15	10	-	-	-	-	20	26	30	40	42	58	59
60	-	-	3	5	4	-	-	-	-	10	8	8	12	14	20	20
61	-	-	-	4	3	-	-	-	-	4	16	16	18	24	28	66
62	-	-	-	6	7	-	4	12	13	14	15	18	32	36	38	37
63	-	-	-	3	3	-	-	-	-	6	10	14	13	14	16	18
64	-	-	-	5	3	-	-	-	-	6	8	8	12	16	17	15
65	-	-	-	3	4	-	-	-	-	4	12	8	5	10	8	14
66	-	-	-	3	4	-	-	-	-	12	14	14	14	16	22	44
67	-	-	-	5	3	-	-	-	-	4	6	3	10	12	14	12
68	-	-	-	4	3	-	-	-	-	7	12	12	14	16	22	32
69	-	-	-	6	4	-	-	-	-	8	10	12	14	18	19	20
70	-	-	-	6	4	-	-	-	-	8	12	18	18	19	24	23
71	-	-	-	5	4	-	-	-	-	10	15	16	18	20	28	34
72	-	-	-	7	3	-	-	-	-	10	6	12	16	20	22	20
73	-	-	-	6	4	-	-	-	-	6	8	10	8	12	14	20
74	-	-	-	-	2	-	-	-	-	6	9	10	12	12	16	16
75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	12	14	13	18	20	30

Bild 2.61: Rißbreiten zu den einzelnen Laststufen, VR IV

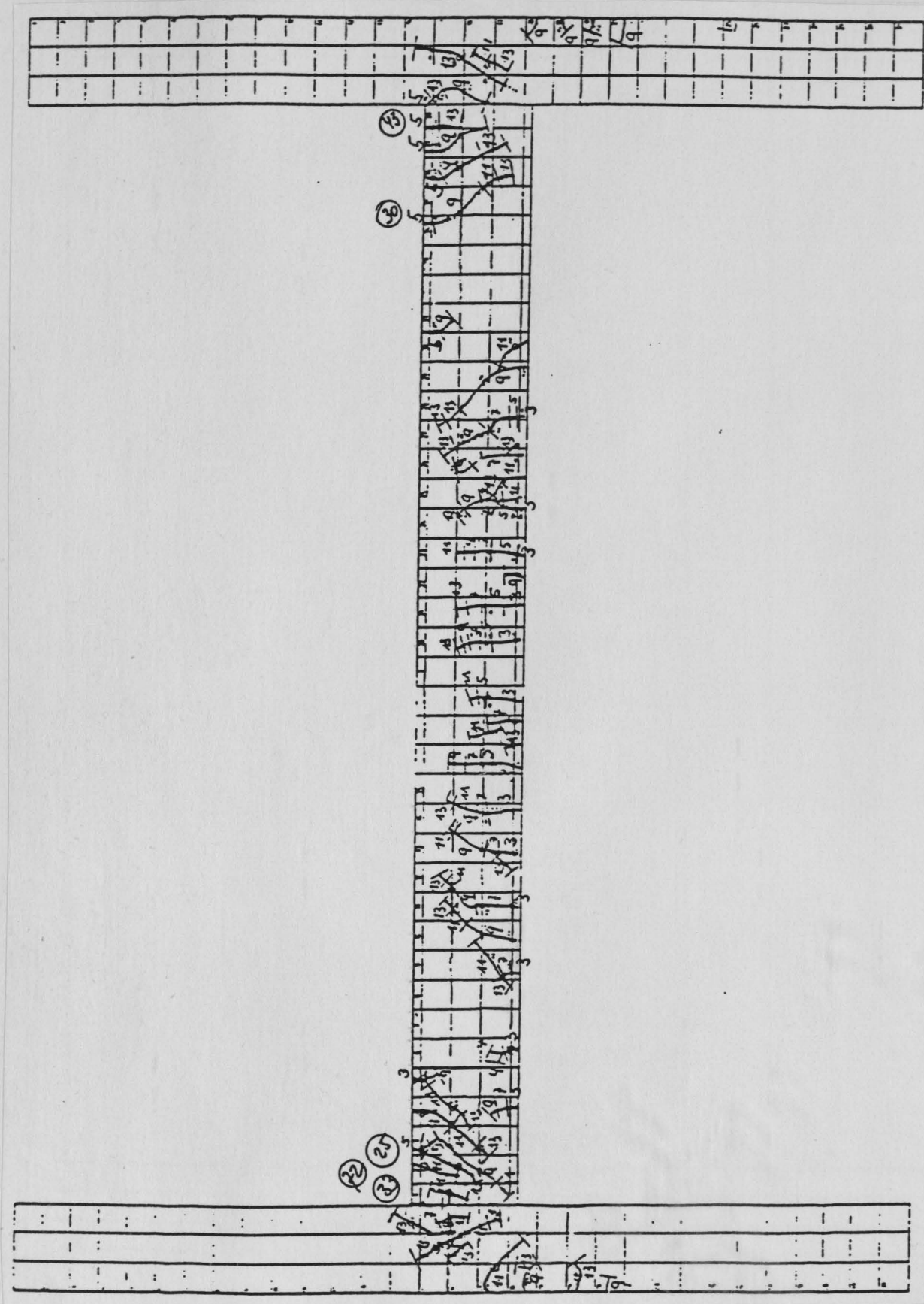


Bild 2.73: RiBentwicklung bis zur Gebrauchslast mit Laststufenangabe (VR V)

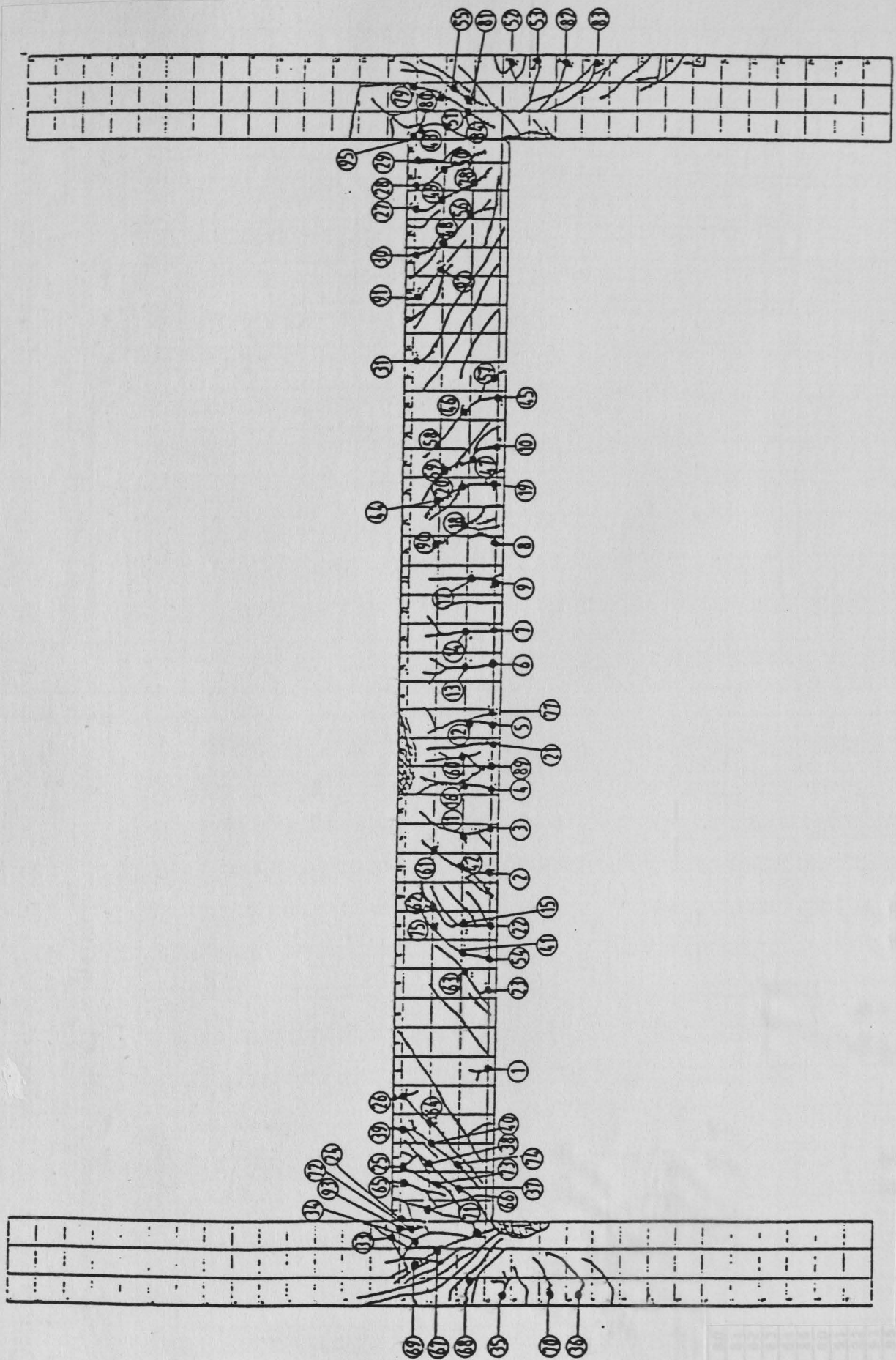


Bild 2.74: Gesamtrißbild (VR V) mit Angabe der Rißbreitenmeßpunkte

Bild 2.75: Ribbreiten zu den einzelnen Laststufen, VR V

Riss	Laststufe														
	3	5	7	9	11	13	14	15	28	30	32	34	37	42	
	Belastung in kN														
	30	60	90	120	150	180	90	0	180	210	240	270	300	320	
Rissbreite in 1/100 mm															
47	-	-	-	7	11	18	14	14	22	30	32	32	37	43	
48	-	-	-	5	11	18	14	12	20	23	24	25	30	38	
49	-	-	-	6	10	14	7	6	14	16	16	20	25	22	
50	-	-	-	6	8	9	7	5	12	12	12	14	14	8	
51	-	-	-	6	7	6	4	3	8	10	11	14	18	18	
52	-	-	-	5	6	6	4	4	6	6	6	6	6	6	
53	-	-	-	5	5	5	5	4	5	7	8	8	12	14	
54	-	-	-	4	5	5	3	3	-	-	-	-	-	-	
55	-	-	-	-	5	7	4	4	7	7	7	8	13	15	
56	-	-	-	-	4	7	5	5	11	16	18	19	37	22	
57	-	-	-	-	3	10	8	9	26	32	35	38	52	52	
58	-	-	-	-	5	8	4	3	6	6	6	6	10	6	
59	-	-	-	-	7	11	8	6	15	16	15	16	23	20	
60	-	-	-	-	4	4	3	2	5	5	5	5	5	5	
61	-	-	-	-	3	7	5	4	10	12	14	15	16	17	
62	-	-	-	-	3	4	3	3	4	4	4	4	5	6	
63	-	-	-	-	4	7	4	4	12	16	17	23	23	34	
64	-	-	-	-	3	3	3	3	4	4	4	4	5	6	
65	-	-	-	-	6	6	4	3	6	6	6	14	16	10	
66	-	-	-	-	3	5	3	3	5	5	5	6	7	8	
67	-	-	-	-	4	6	4	3	15	16	18	20	26	30	
68	-	-	-	-	6	6	4	4	5	5	5	5	5	5	
69	-	-	-	-	-	5	3	3	8	10	11	12	24	24	
70	-	-	-	-	-	4	3	3	4	4	8	10	9	14	
71	-	-	-	-	-	4	3	3	5	13	14	17	20	26	
72	-	-	-	-	-	7	5	4	12	18	24	28	50	96	
73	-	-	-	-	-	3	3	2	3	3	3	3	4	-	
74	-	-	-	-	-	3	3	3	4	6	6	8	10	9	
75	-	-	-	-	-	3	2	2	4	4	4	4	6	10	
76	-	-	-	-	-	6	3	3	6	8	8	9	15	21	
77	-	-	-	-	-	8	5	5	5	5	5	7	10	24	
78	-	-	-	-	-	5	4	3	6	10	11	13	17	20	
79	-	-	-	-	-	5	3	3	6	6	6	8	9	6	
80	-	-	-	-	-	4	3	3	6	6	10	10	17	16	
81	-	-	-	-	-	5	3	3	5	5	5	7	16	22	
82	-	-	-	-	-	6	3	3	6	6	6	6	6	8	
83	-	-	-	-	-	6	3	3	6	7	9	9	13	21	
84	-	-	-	-	-	3	2	2	7	8	10	11	20	23	
89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	5	5	7	6	
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7	10	13	13	
91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	7	7	10	
92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	10	13	14	
93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	28	37	48	86	
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	28	32	35	74	

Riss	Laststufe														
	3	5	7	9	11	13	14	15	28	30	32	34	37	42	
	Belastung in kN														
	30	60	90	120	150	180	90	0	180	210	240	270	300	320	
Rissbreite in 1/100 mm															
1	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	
2	4	6	10	14	18	24	18	16	30	34	36	38	42	50	
3	5	8	14	14	16	18	12	8	22	24	25	25	25	26	
4	4	6	8	10	14	22	11	7	24	25	26	31	40	45	
5	4	8	10	16	18	20	9	6	20	21	22	23	54	98	
6	5	6	14	16	20	24	14	10	26	32	32	35	54	64	
7	5	7	14	16	20	21	13	8	27	31	34	34	48	72	
8	5	6	12	8	9	10	8	4	10	12	14	20	21	24	
9	-	6	12	16	21	26	12	7	25	30	31	37	41	45	
10	-	3	8	14	21	28	22	22	27	34	34	39	44	52	
11	-	4	5	6	8	10	6	5	15	18	20	21	30	36	
12	-	4	5	6	11	16	7	5	14	14	14	18	38	90	
13	-	4	6	8	12	16	8	5	18	20	21	22	52	70	
14	-	4	4	4	6	8	4	3	11	12	14	16	24	46	
15	-	-	4	5	7	8	5	4	-	-	-	-	-	-	
16	-	-	3	4	5	5	5	3	3	3	4	4	5	14	
17	-	-	4	6	7	10	6	3	9	10	10	11	21	23	
18	-	-	4	5	8	16	10	8	21	24	26	32	40	40	
19	-	-	10	14	20	21	12	11	22	23	24	24	28	26	
20	-	-	4	6	8	11	6	5	9	10	10	10	12	17	
21	-	-	4	6	10	18	9	5	18	18	18	24	31	34	
22	-	-	5	5	6	6	4	3	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	2	2	6	11	6	6	10	12	12	14	14	10	
24	-	-	6	11	16	16	14	8	18	20	22	23	25	30	
25	-	-	6	10	15	17	12	10	20	22	23	24	26	32	
26	-	-	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	
27	-	-	6	10	13	14	12	8	13	14	14	16	18	14	
28	-	-	4	9	10	11	6	4	10	10	10	11	11	7	
29	-	-	6	5	6	8	5	4	12	12	13	14	18	18	
30	-	-	5	14	15	20	11	9	19	24	24	26	27	36	
31	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	
33	-	-	-	5	7	8	4	4	13	16	16	20	24	30	
34	-	-	-	5	6	7	4	3	6	10	12	14	20	18	
35	-	-	-	4	5	6	3	3	8	14	14	16	24	-	
36	-	-	-	4	4	6	3	3	7	8	10	12	17	14	
37	-	-	-	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	-	
38	-	-	-	2	3	4	3	3	3	4	5	5	5	5	
39	-	-	-	5	6	8	6	5	8	12	14	14	18	20	
40	-	-	-	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	
41	-	-	-	3	5	8	5	6	-	-	-	-	-	-	
42	-	-	-	4	6	14	7	7	22	34	35	36	38	40	
43	-	-	-	-	7	12	6	4	14	16	21	26	40	70	
44	-	-	-	3	4	7	4	3	6	6	6	6	6	4	
45	-	-	-	7	8	11	6	5	-	-	-	-	-	-	
46	-	-	-	7	9	20	10	10	-	-	-	-	-	-	

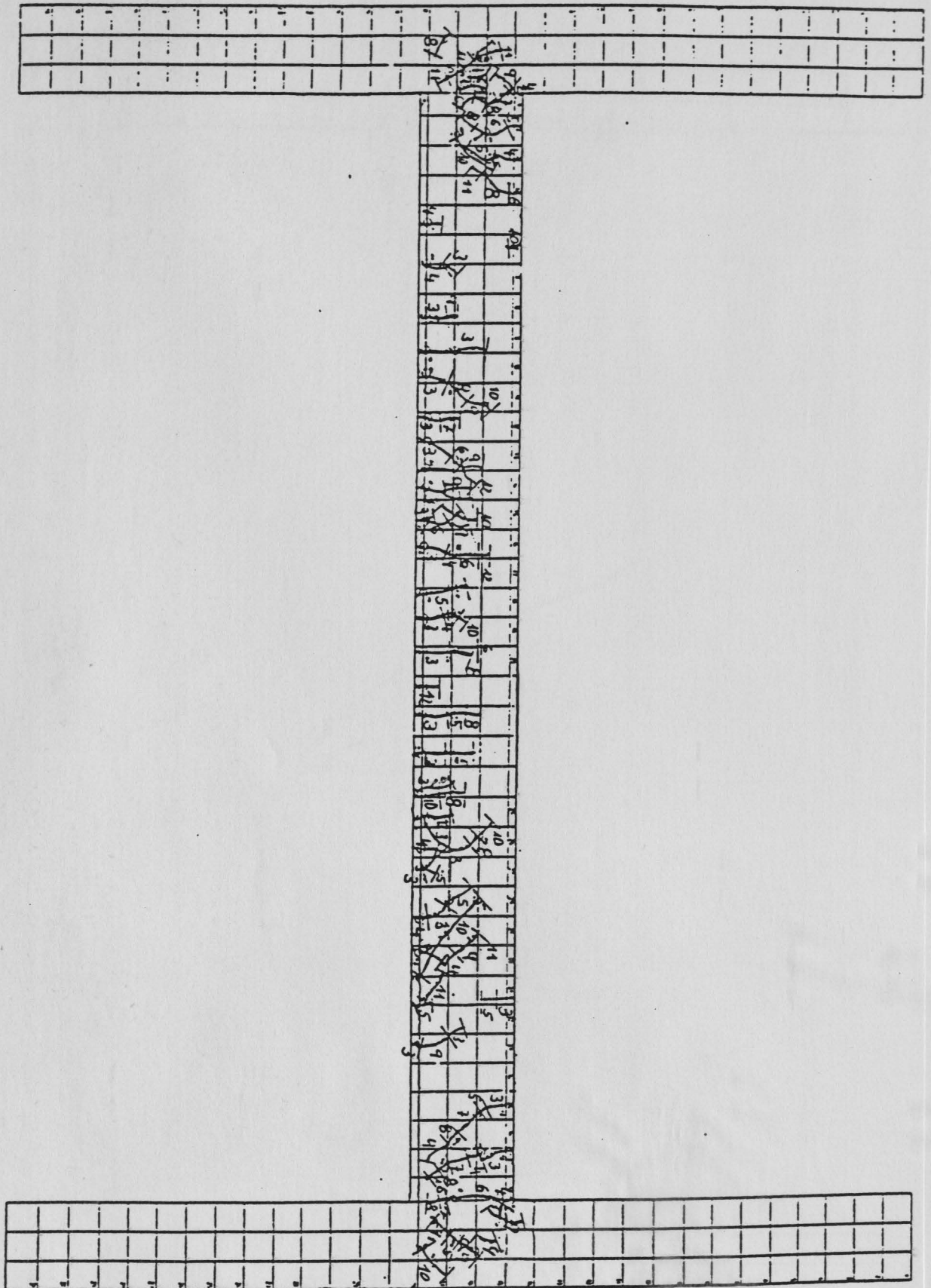


Bild 2.87: Rißentwicklung bis zur Gebrauchslast mit Laststufenangabe (VR VI)

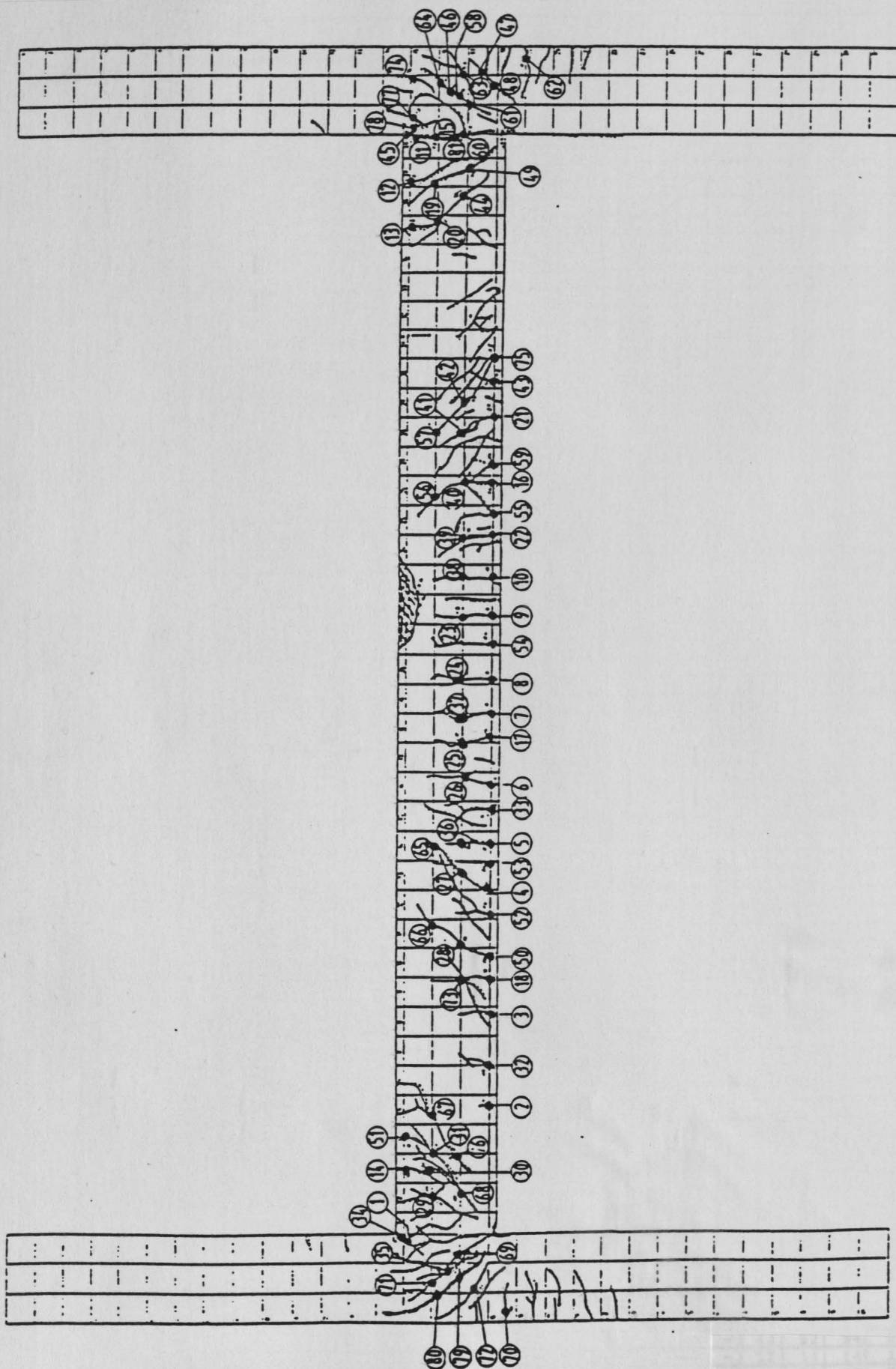
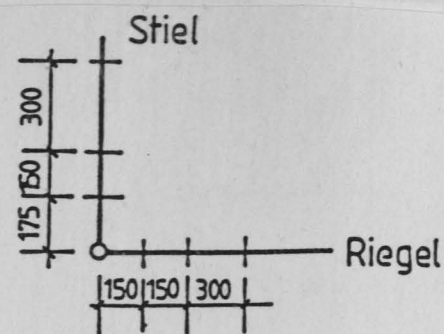


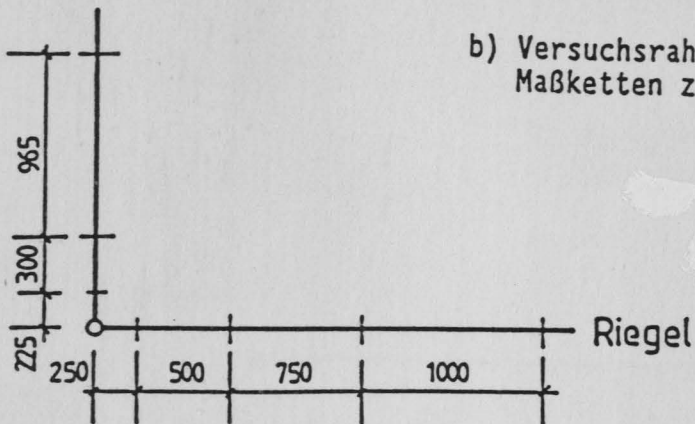
Bild 2.88: Gesamtrißbild (VR VI) mit Angabe der Rißbreitenmeßpunkte (*)

Riss	Laststufe															
	4	6	8	10	12	13	16	17	27	29	31	33	34	35	39	
	Belastung in kN															
	30	60	90	120	150	75	150	0	150	180	210	240	255	270	276	
Rissbreite in 1/100 mm																
1	5	8	15	20	20	14	12	4	12	14	16	13	13	18	18	
2	7	6	6	6	5	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	
3	7	7	7	7	8	7	8	6	8	10	12	12	12	12	12	
4	6	8	10	13	18	14	18	8	18	20	26	30	32	32	32	
5	8	11	15	21	23	14	22	8	22	25	30	32	36	38	38	
6	8	13	15	24	28	14	24	8	24	30	38	42	46	48	54	
7	10	12	16	17	18	14	17	6	18	20	24	26	28	30	30	
8	8	8	12	16	16	10	18	5	18	20	26	32	36	46	68	
9	9	12	14	20	22	13	18	7	20	22	26	30	36	44	76	
10	8	13	16	19	20	12	16	4	18	19	22	22	23	-	-	
11	7	11	16	16	20	16	22	5	18	18	20	26	30	40	66	
12	12	16	20	28	28	20	30	10	28	32	36	38	38	38	38	
13	7	7	18	22	32	22	32	12	32	36	38	40	40	40	40	
14	8	11	11	12	18	14	18	6	18	21	24	24	24	24	24	
15	-	9	14	14	18	11	12	4	10	10	10	90	126	182	258	
16	-	11	12	14	18	13	14	4	14	18	22	22	22	22	22	
17	-	6	8	12	12	8	12	2	12	16	24	28	32	36	38	
18	-	8	11	12	9	8	11	4	10	12	14	14	14	14	14	
19	-	-	7	15	22	16	22	12	22	26	28	28	28	-	-	
20	-	-	12	18	24	18	24	12	24	26	34	36	38	38	38	
21	-	-	8	12	12	8	14	4	12	12	16	18	20	20	20	
22	-	-	13	17	18	10	14	4	14	15	30	36	38	38	38	
23	-	-	11	12	13	7	10	3	8	8	10	12	14	24	42	
24	-	-	9	11	13	8	12	3	12	14	18	18	18	30	38	
25	-	-	9	9	13	7	12	4	12	14	18	18	18	18	18	
26	-	-	9	11	12	7	12	3	11	14	16	20	22	22	22	
27	-	-	11	13	21	15	21	12	22	26	34	36	36	36	36	
28	-	-	8	17	26	20	20	12	20	24	28	30	30	30	30	
29	-	-	12	14	16	12	12	4	10	12	14	14	14	14	14	
30	-	-	7	9	9	8	8	3	6	8	10	12	12	12	12	
31	-	-	9	11	12	8	14	4	12	18	20	20	20	20	20	
32	-	-	5	6	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	
33	-	-	-	19	10	20	6	22	26	28	32	36	36	36	36	
34	-	-	-	18	34	30	42	12	46	58	64	82	94	120	182	
35	-	-	-	10	13	10	16	6	16	24	30	30	30	30	30	
36	-	-	-	9	10	8	8	2	8	8	10	10	10	10	10	
37	-	-	-	7	9	6	10	4	8	10	12	12	12	12	12	
38	-	-	-	10	14	8	12	4	12	14	18	22	22	24	56	
39	-	-	-	10	12	7	12	3	12	18	24	24	24	24	24	
40	-	-	-	17	24	14	30	16	32	36	42	46	48	48	48	
41	-	-	-	12	14	10	12	8	12	14	16	16	16	16	16	
42	-	-	-	12	23	14	24	11	24	30	36	38	38	38	38	
43	-	-	-	10	11	10	10	5	10	12	14	16	16	16	16	
44	-	-	-	11	14	9	14	6	12	14	18	19	18	18	18	
45	-	-	-	23	34	22	36	13	42	60	84	140	268	300	426	
46	-	-	-	9	15	10	18	6	14	18	20	20	20	20	20	
47	-	-	-	8	10	7	12	4	12	14	19	20	20	20	20	
48	-	-	-	6	7	5	10	4	8	10	14	16	18	18	18	
49	-	-	-	13	16	10	22	14	22	26	30	32	32	32	32	
50	-	-	-	-	19	17	19	10	20	24	28	32	32	32	32	
51	-	-	-	-	16	14	17	7	16	20	22	23	24	24	24	
52	-	-	-	-	16	13	22	12	22	34	38	48	52	52	52	
53	-	-	-	-	11	8	12	4	10	15	18	22	23	24	24	
54	-	-	-	-	12	10	12	4	12	18	23	26	26	26	26	
55	-	-	-	-	12	7	14	3	14	14	17	22	24	28	36	
56	-	-	-	-	11	8	12	6	12	16	20	22	22	22	22	
57	-	-	-	-	13	10	14	5	12	14	18	18	18	18	18	
58	-	-	-	-	18	10	18	8	18	22	22	24	24	24	24	
59	-	-	-	-	22	15	22	10	22	26	30	36	40	40	40	
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	20	26	28	28	28	
61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	20	22	22	22	22	
62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	16	18	18	18	18	
63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8	8	8	8	8	
64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	16	18	18	18	18	
65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10	10	10	10	10	
66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	14	14	14	14	14	
67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	18	22	24	26	28	
68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	16	18	18	18	18	
69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	30	32	34	38	40	
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	18	20	20	22	22	
71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	20	22	24	24	24	
72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	13	16	18	18	18	
73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	18	18	20	20	20	
74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	10	10	12	12	12	
75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	52	54	54	54	
76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	14	14	14	14	
77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	22	22	22	
78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	42	42	42	
79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	32	38	38	
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	32	32	32	
81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	146	146	

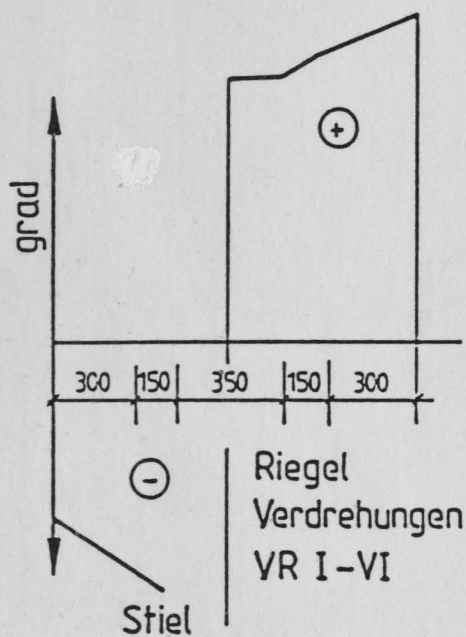
Bild 2.89: Rißbreiten zu den einzelnen Laststufen, VR VI



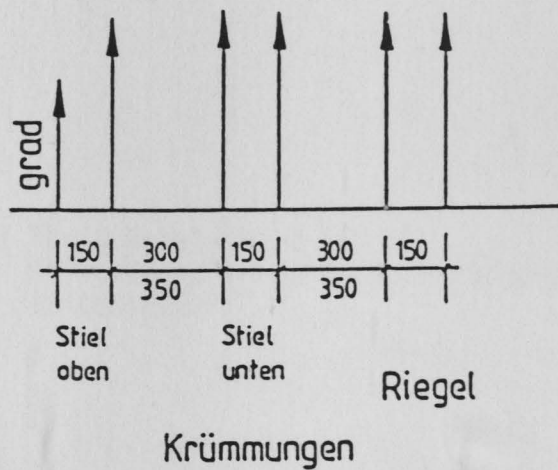
- a) Versuchsrahmen I bis III
Maßketten im Riegelanschnitt links/rechts
Biegelinie im Knotenbereich



- b) Versuchsrahmen I bis III
Maßketten zur Biegelinie des Gesamtrahmens



- c) Versuchsrahmen I bis VI
Verdrehung und Krümmung
der Stabachsen



- d) Versuchsrahmen I bis III
Meßstellenplan zur Winkeländerung im Knotenbereich

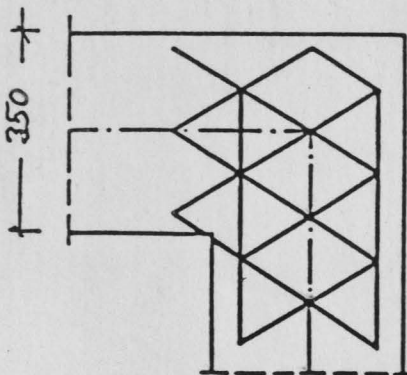
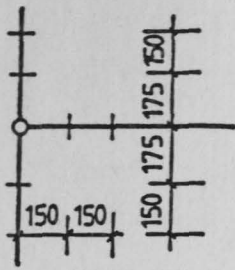
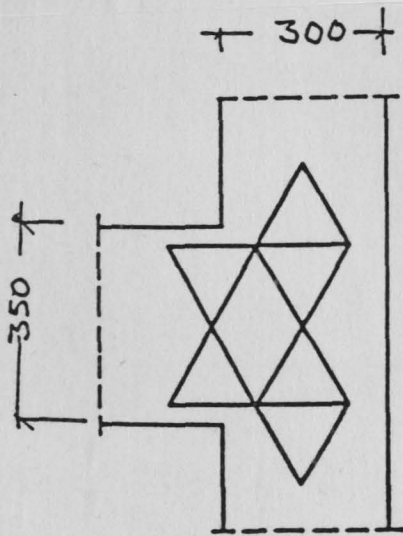
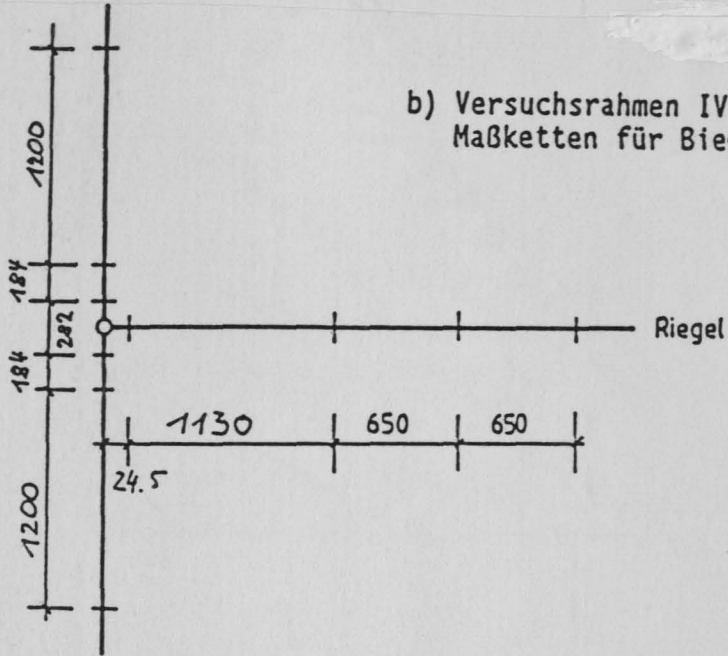


Bild 2.5 a - d: Meßstellenanordnung

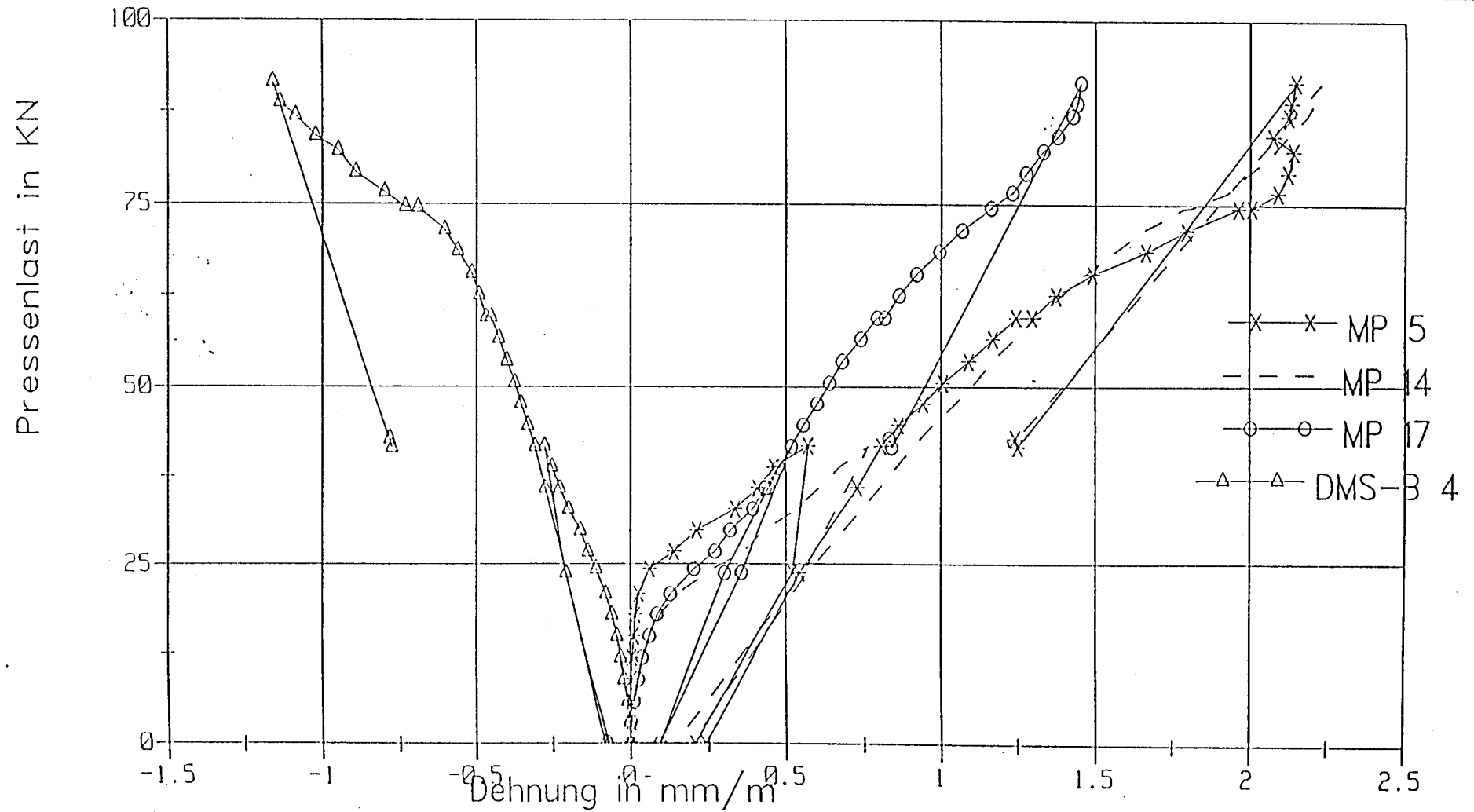
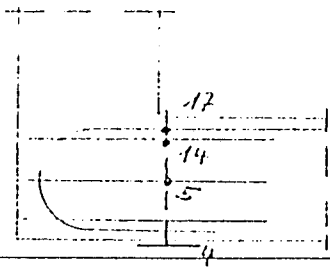


- a) Versuchsrahmen IV bis VI
Maßketten im Riegelanschnitt links/rechts
Biegelinie im Knotenbereich

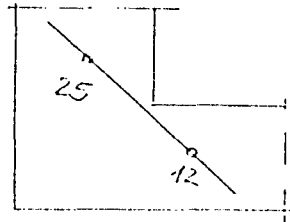


- c) Versuchsrahmen IV bis VI
Meßstellenplan zur Winkeländerung
im Knotenbereich

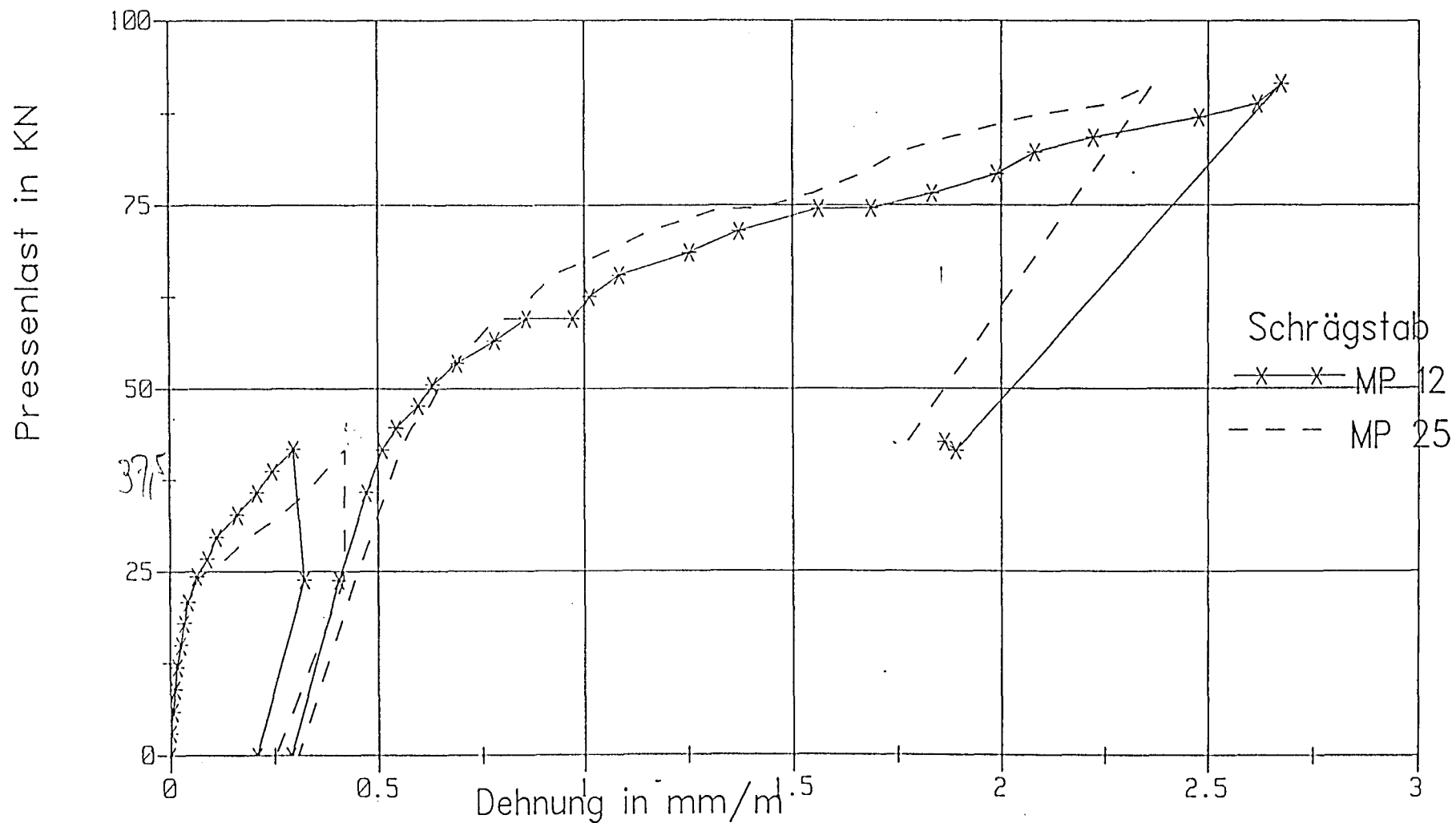
Bild 2.6 a - c: Meßstellenanordnung



Rahmenknoten links

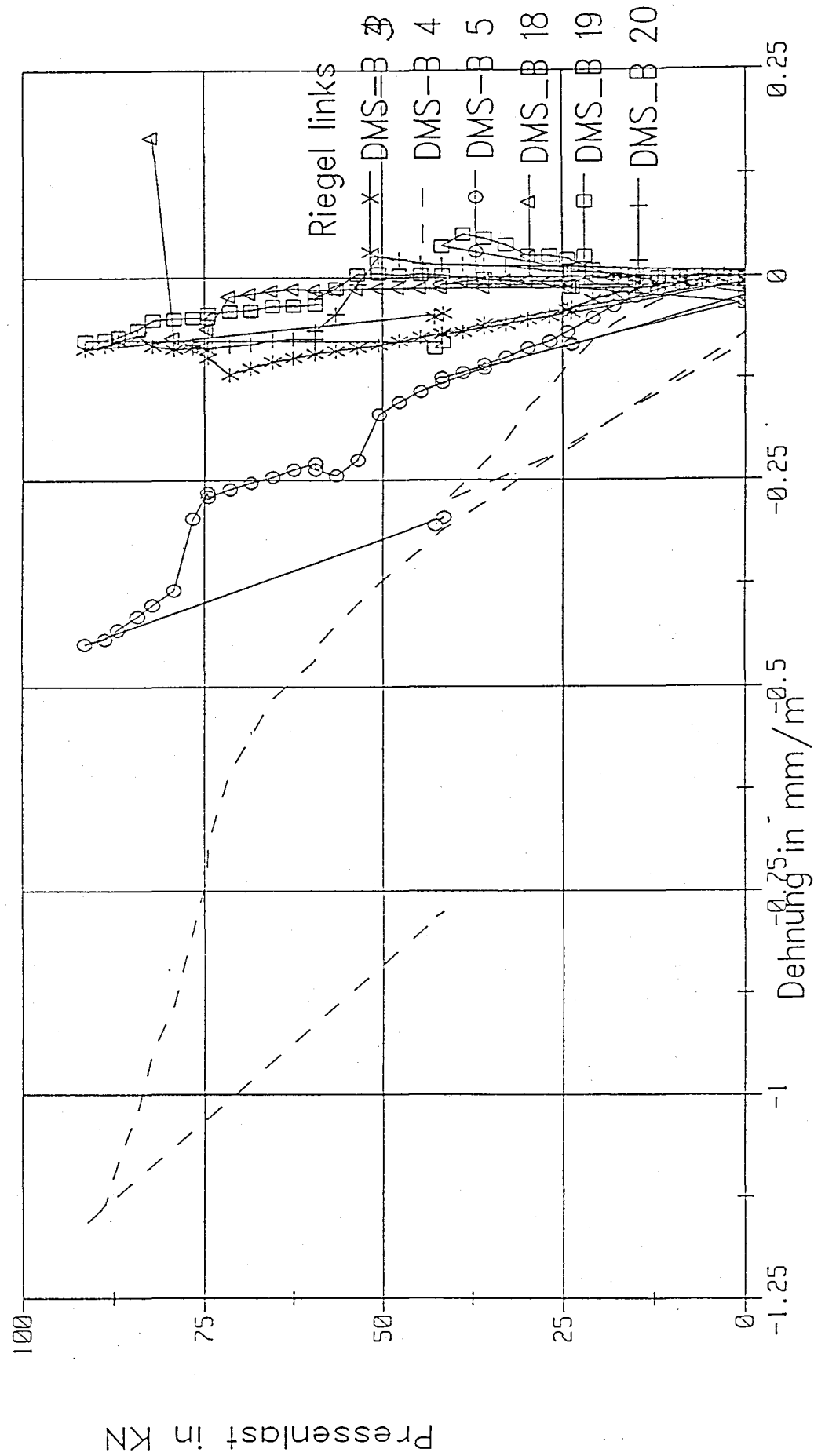
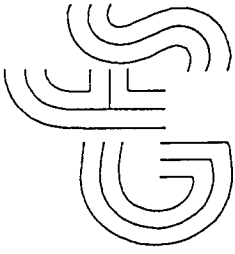


Versuchsrahmen I

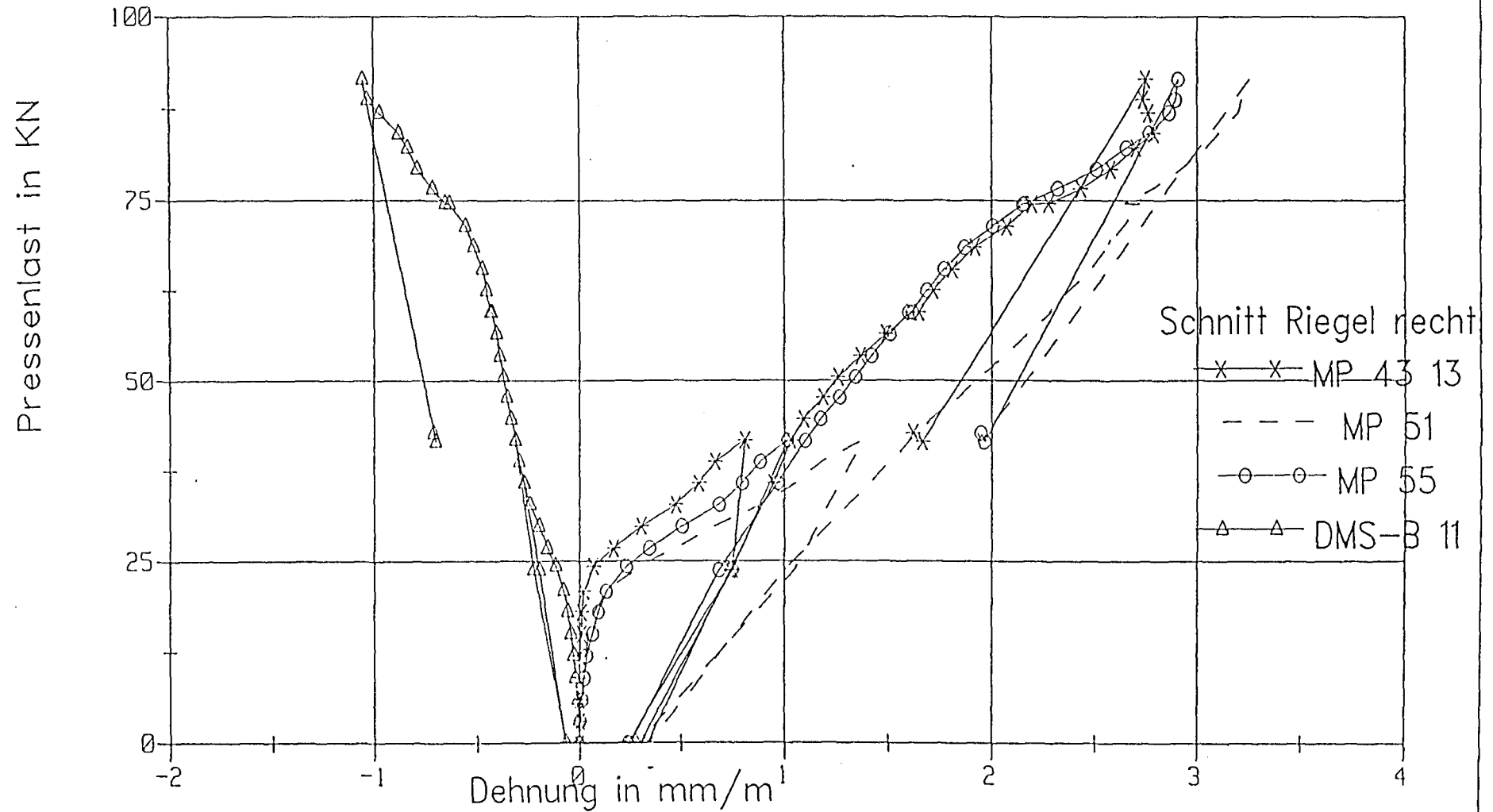
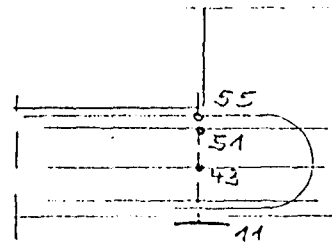


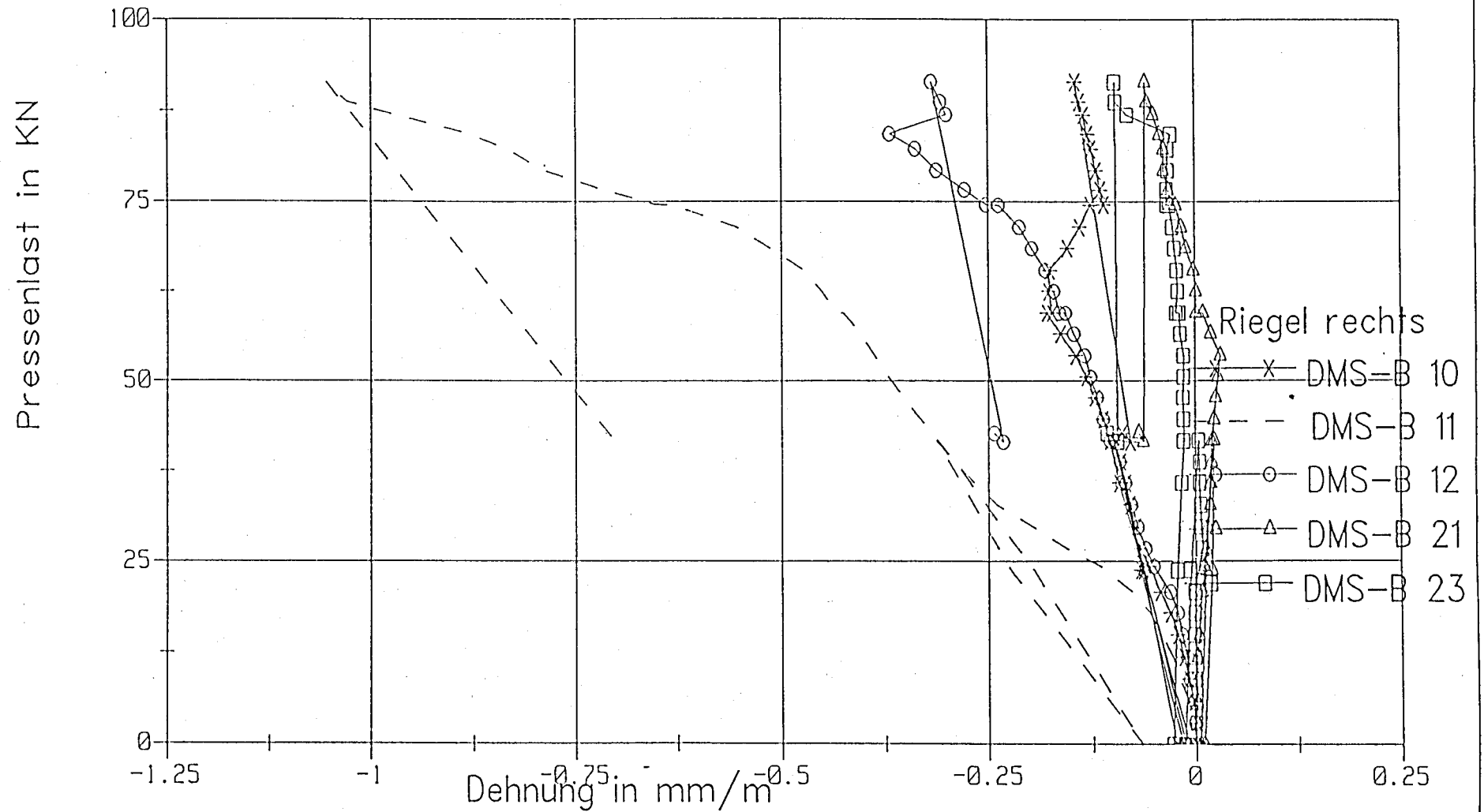
Betonstauchung

Versuchsrahmen I

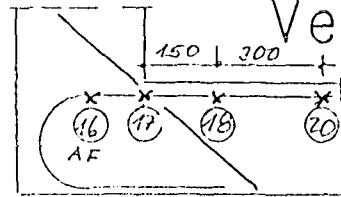


Versuchsrahmen I

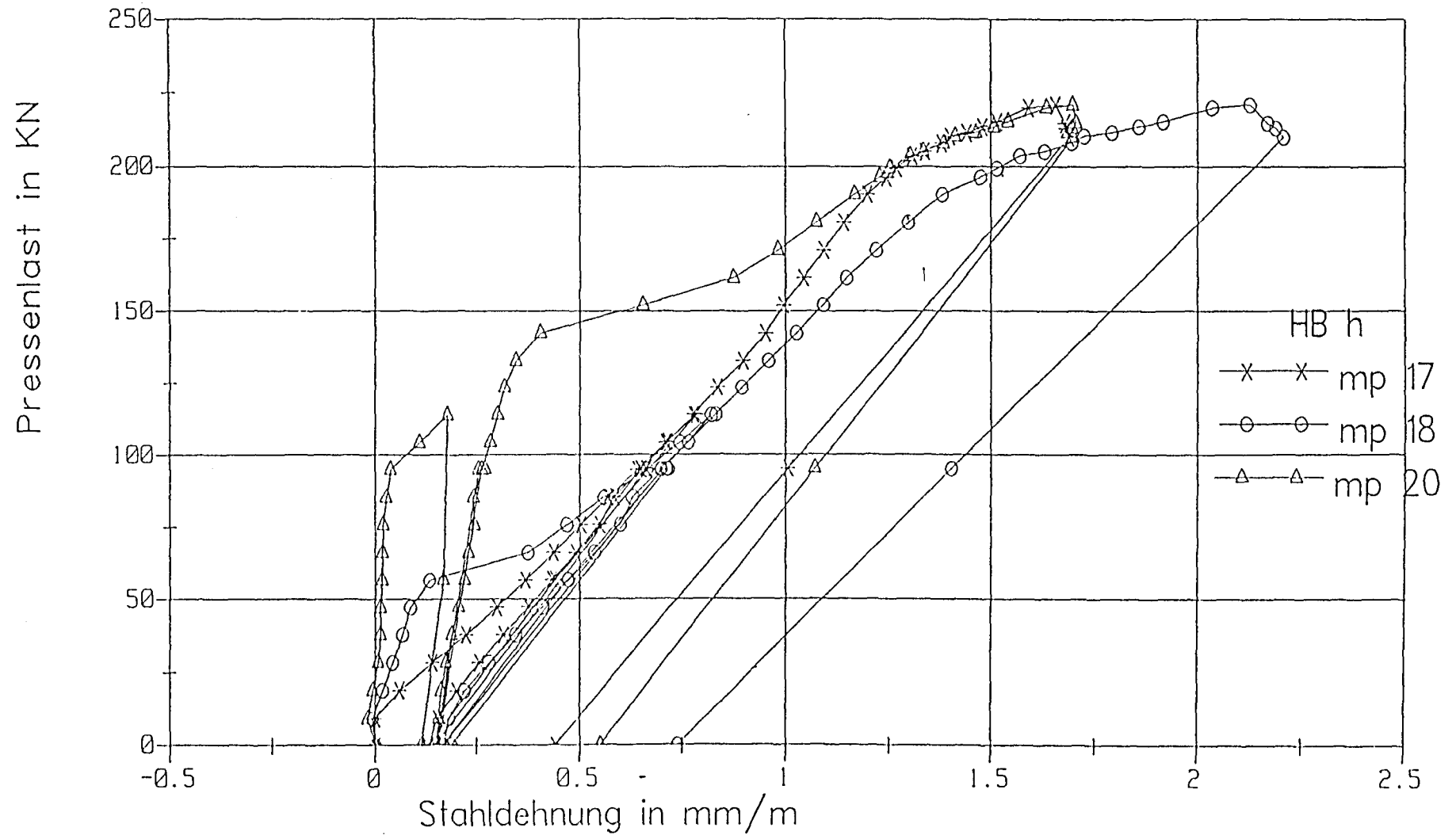




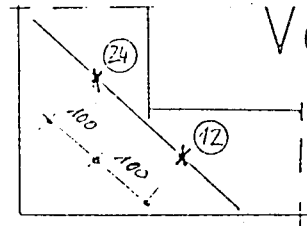
Dehnungen Rahmenknoten links



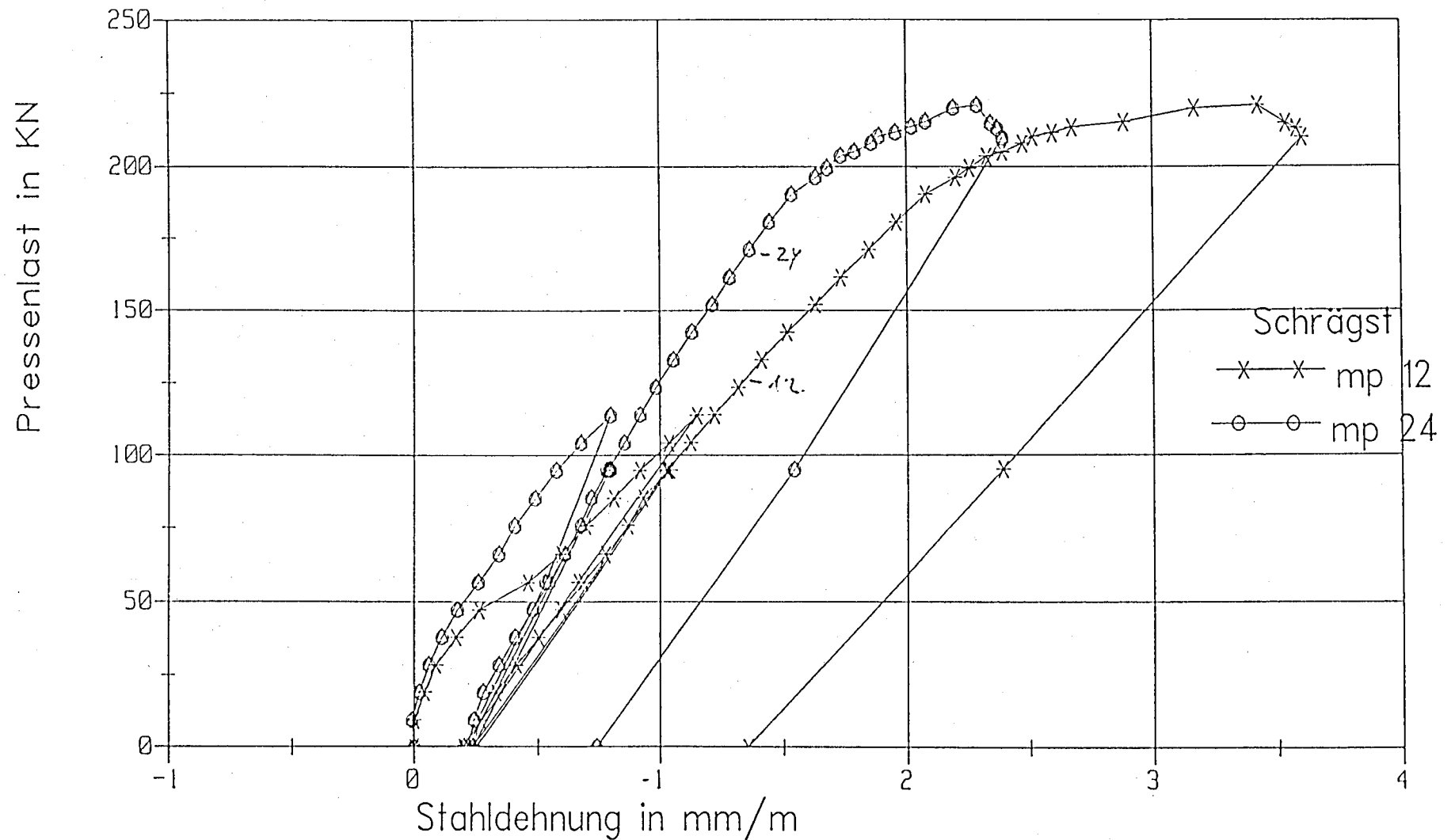
Versuchsrahmen II



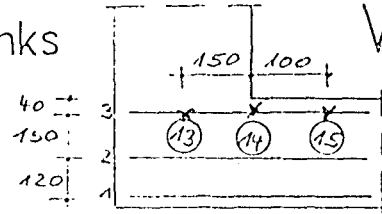
Dehnungen Rahmenknoten links



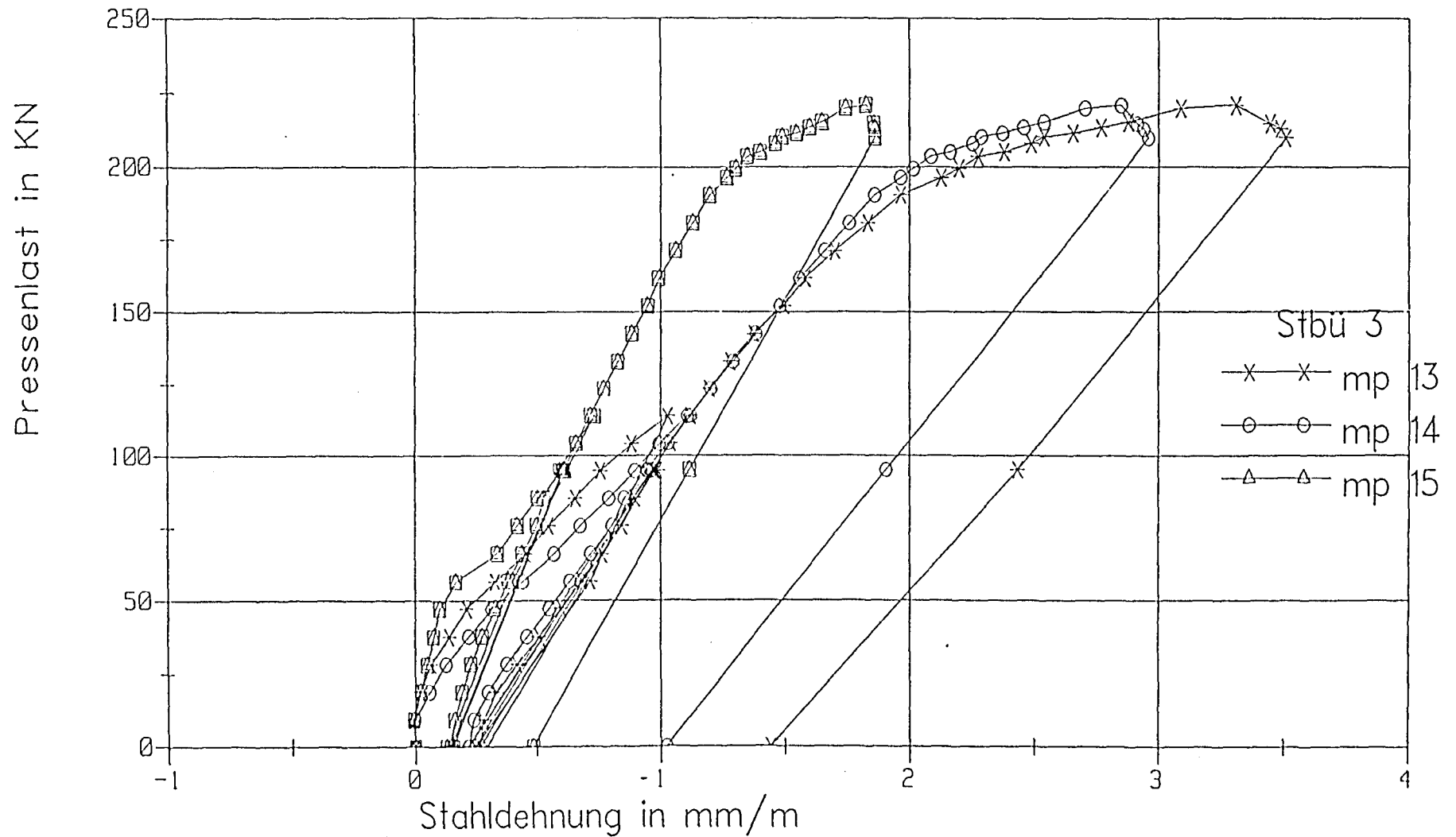
Versuchsrahmen II



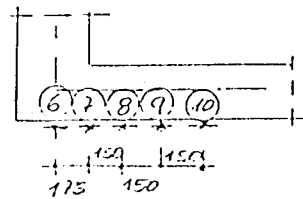
Dehnungen Rahmenknoten links



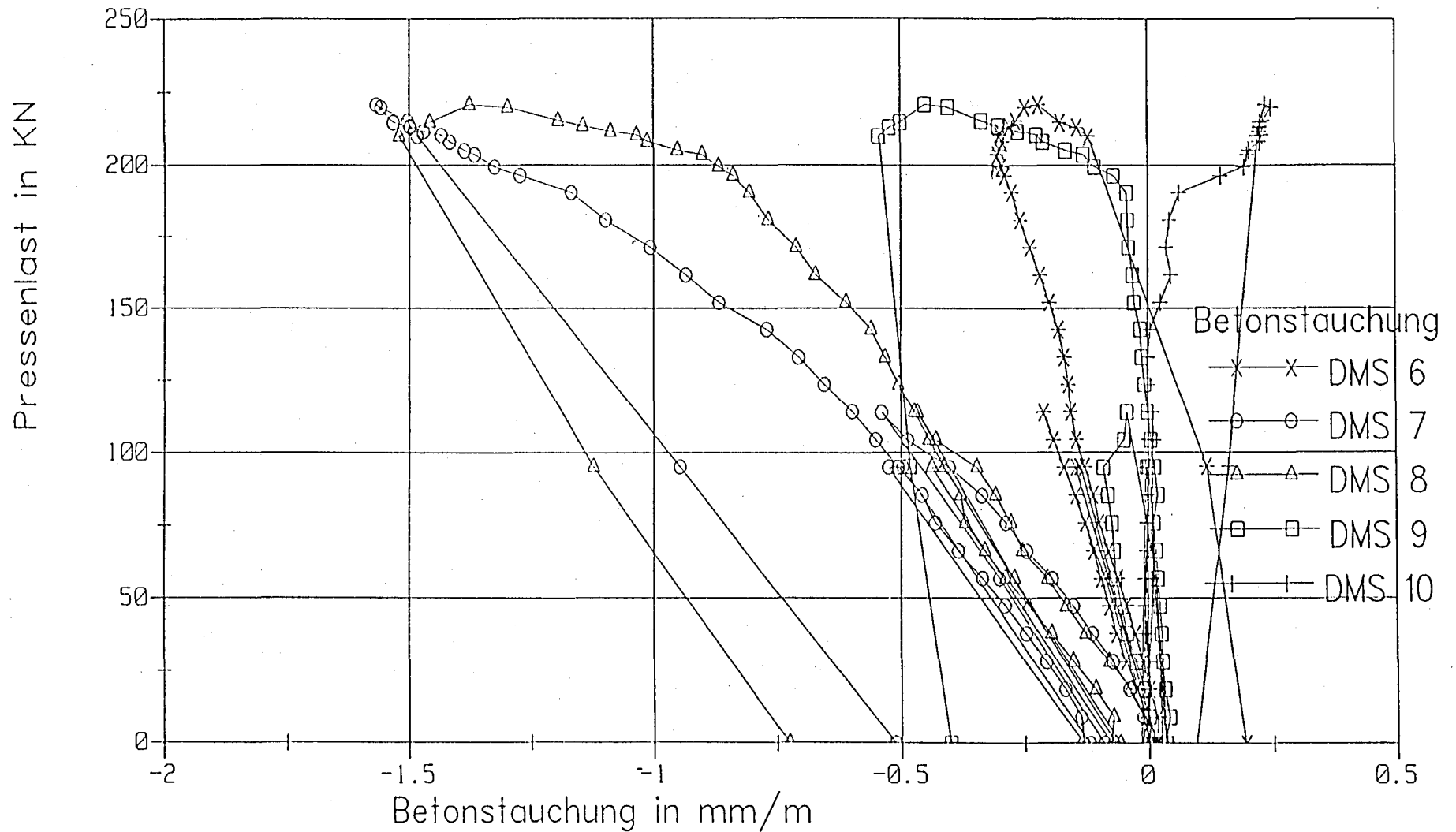
Versuchsrahmen II



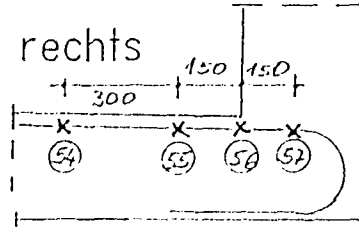
Betonstauchung Riegel links



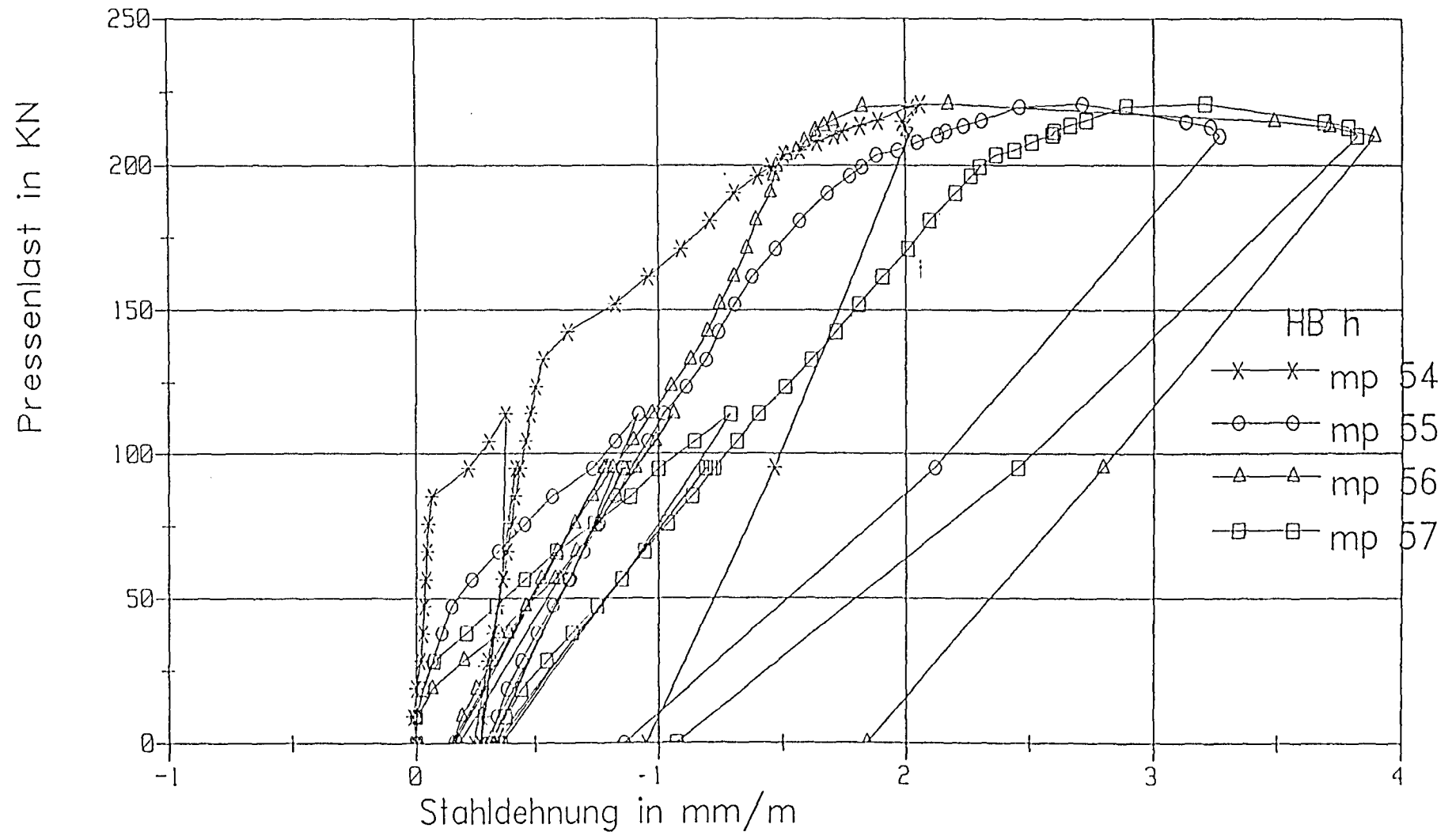
Versuchsrahmen II



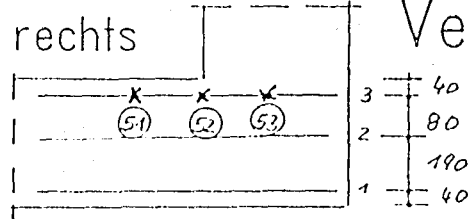
Dehnungen Rahmenknoten rechts



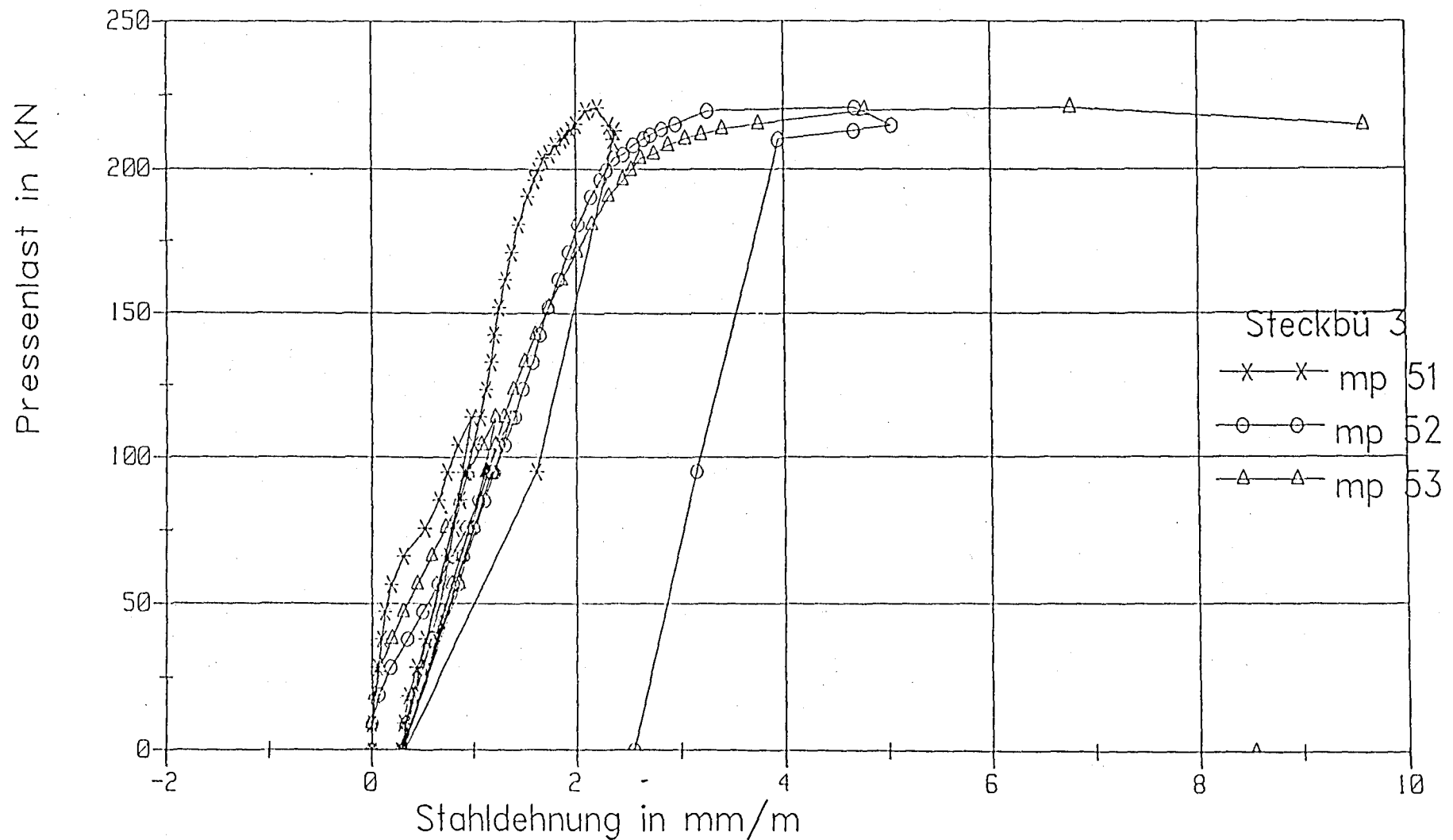
Versuchsrahmen II



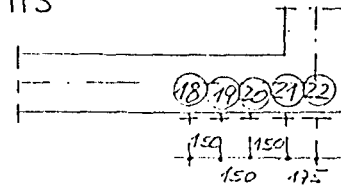
Dehnungen Rahmenknoten rechts



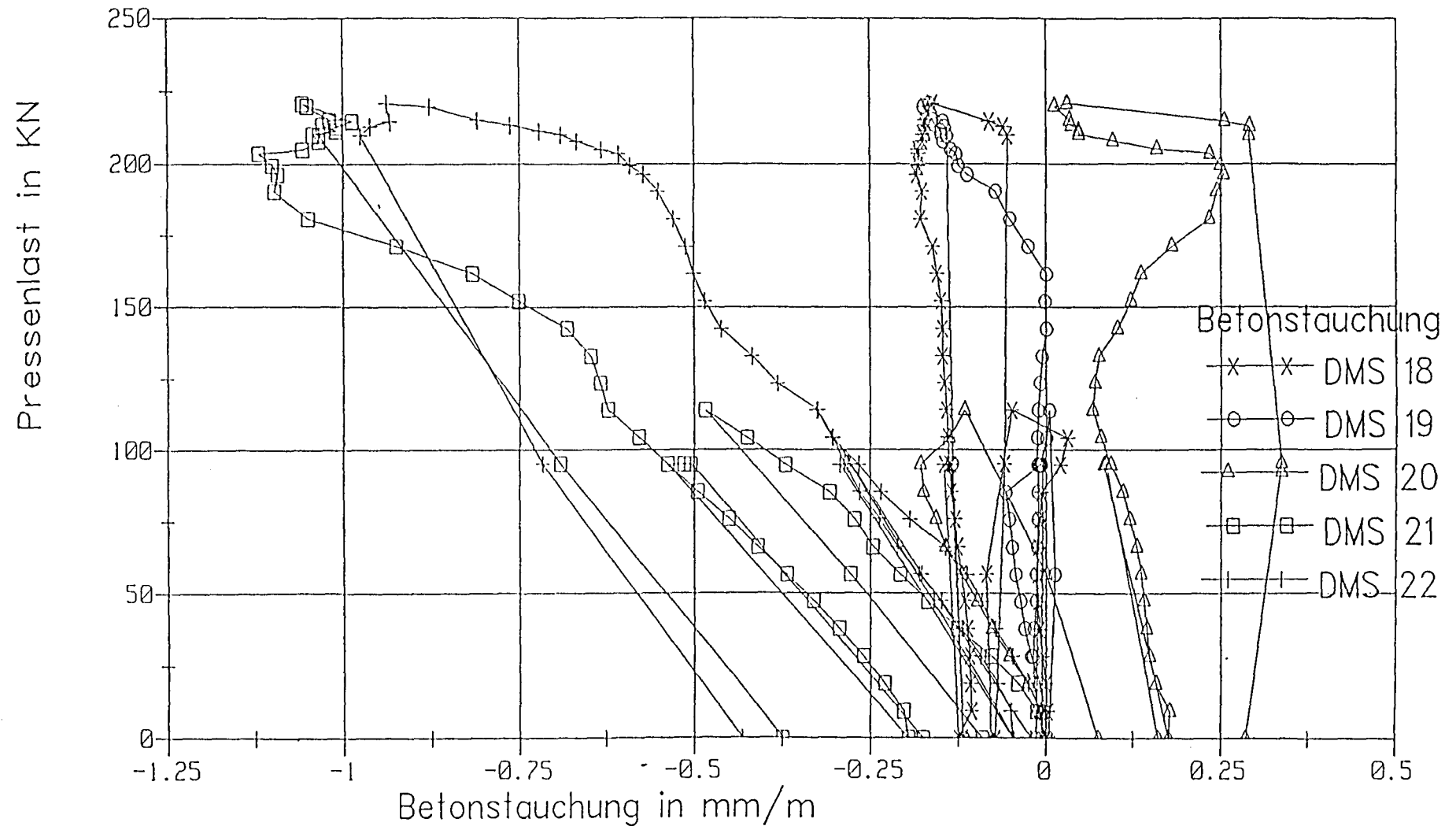
Versuchsrahmen II



Betonstauchung Riegel rechts

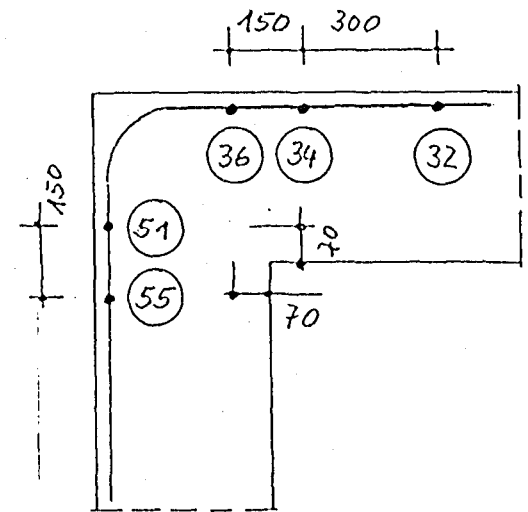
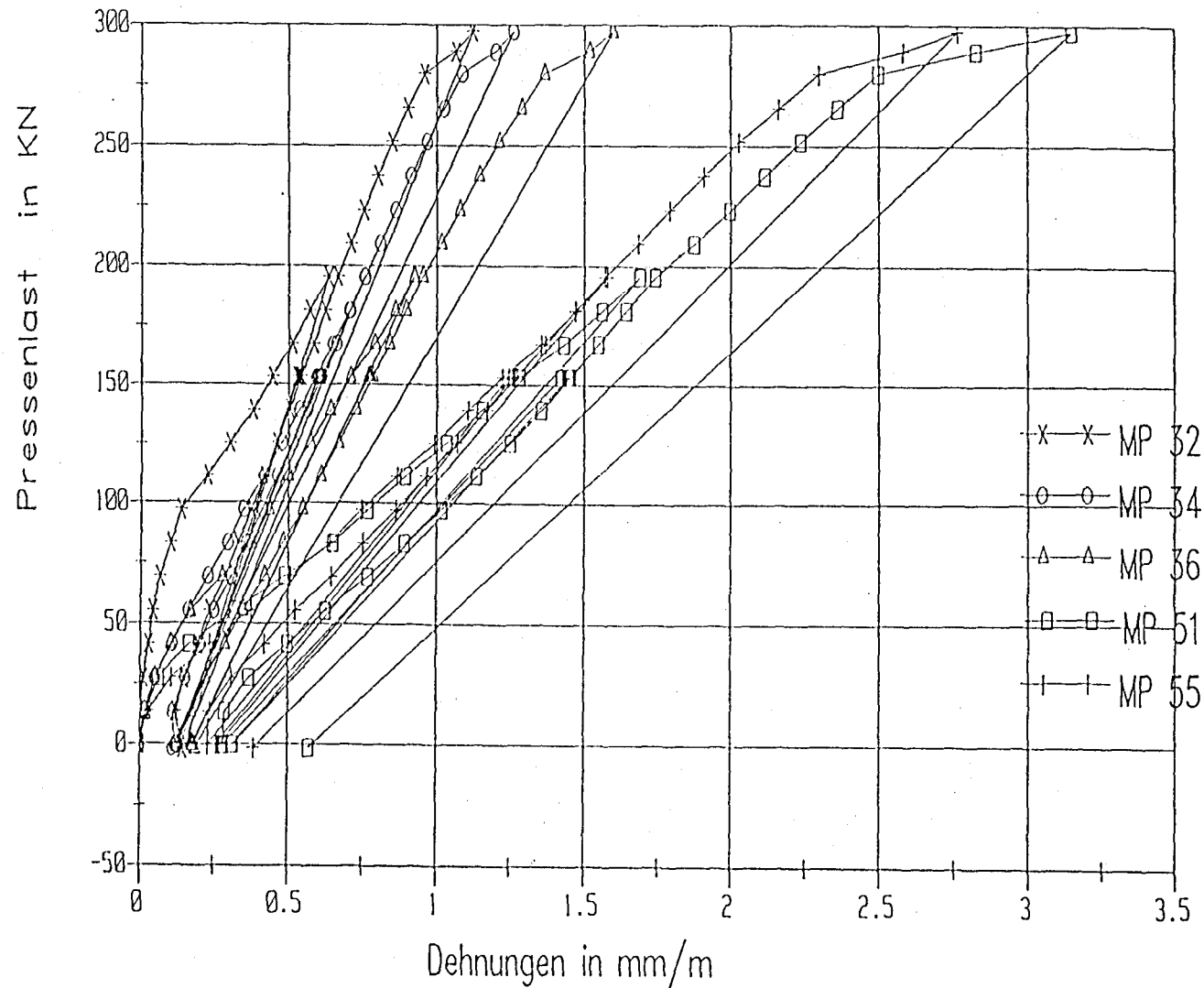


Versuchsrahmen II



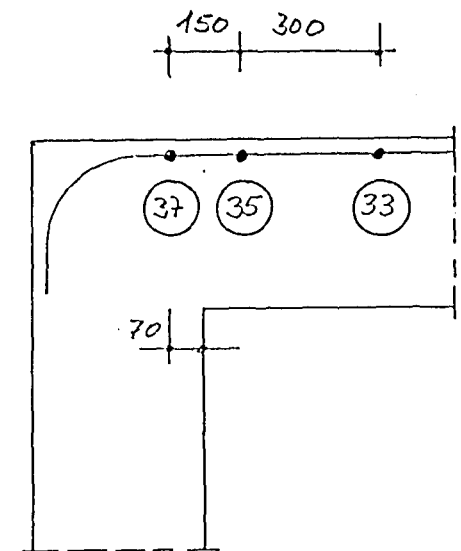
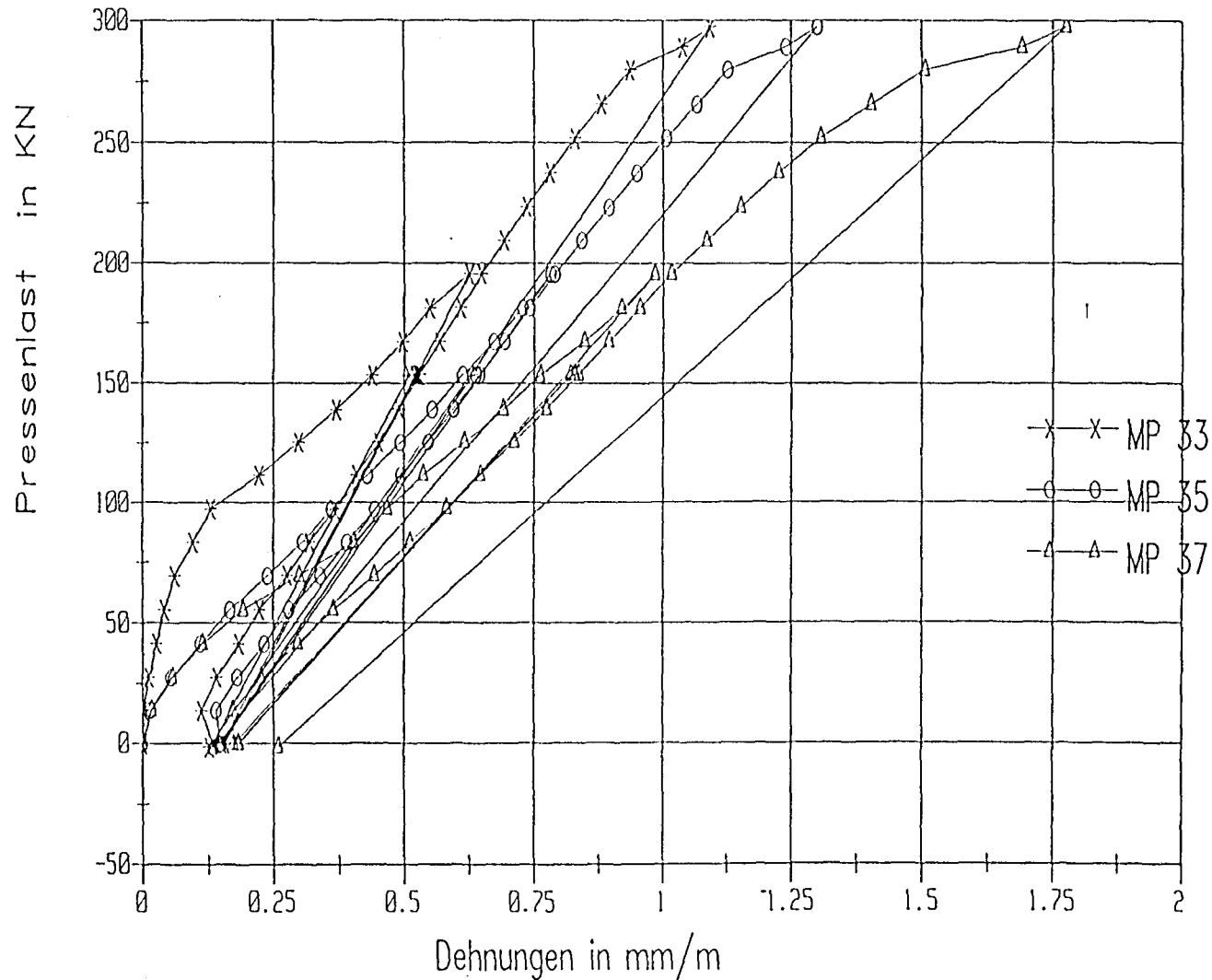
HB oben li

Versuchsrahmen III



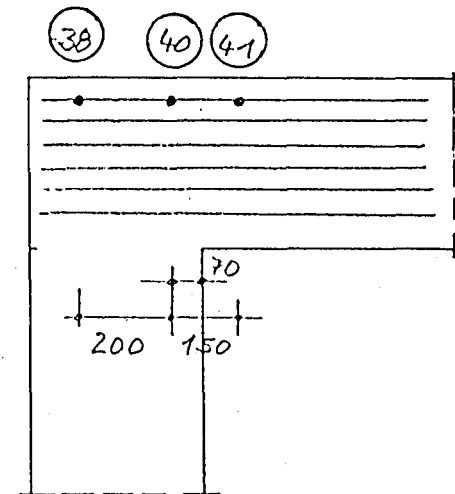
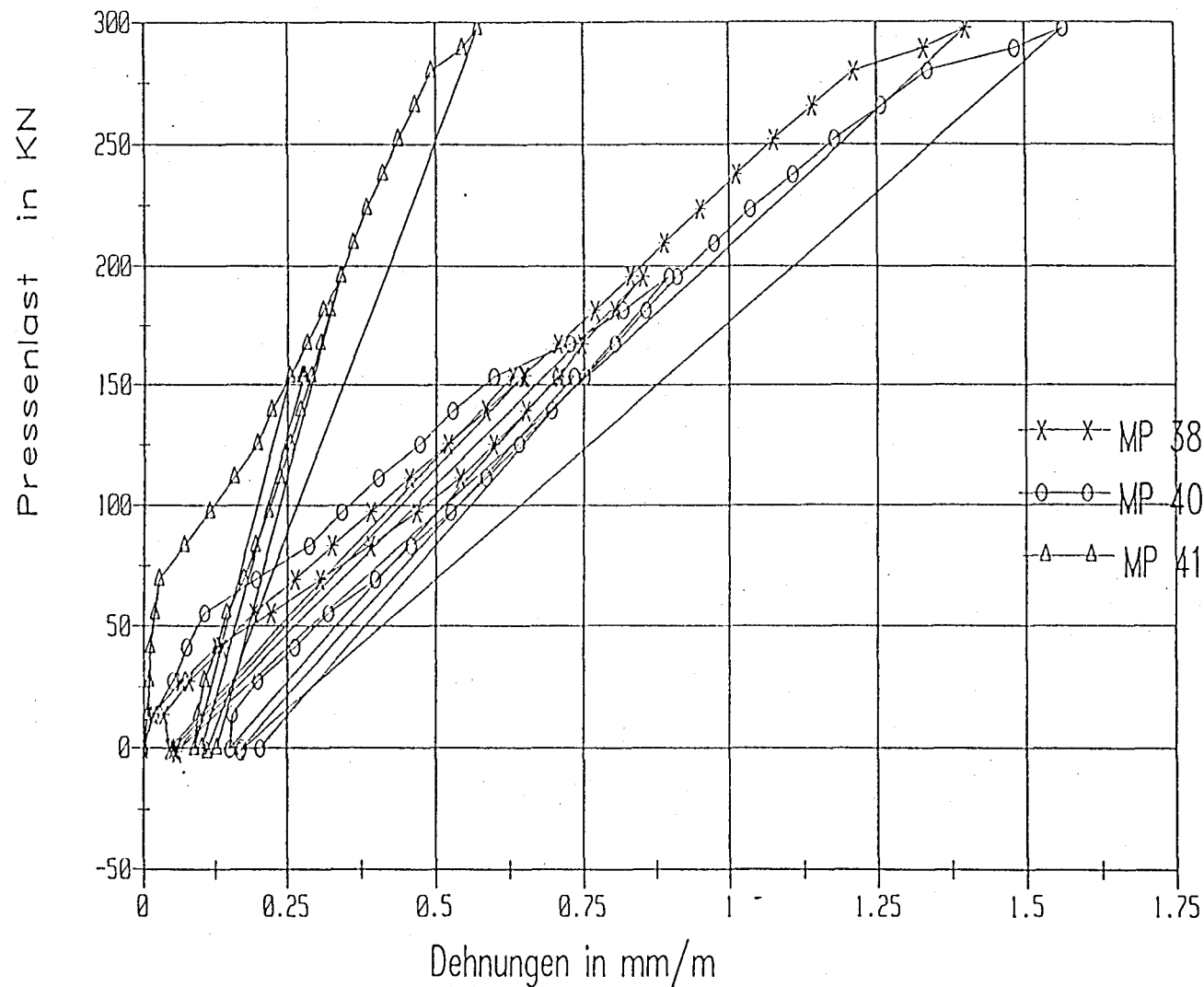
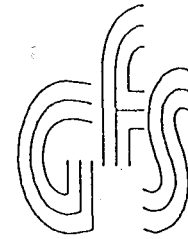
HB oben li

Versuchsrahmen III



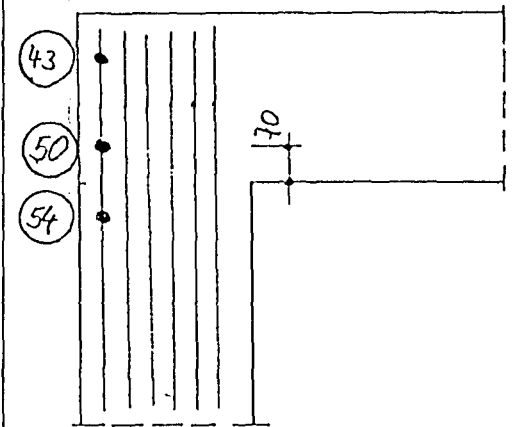
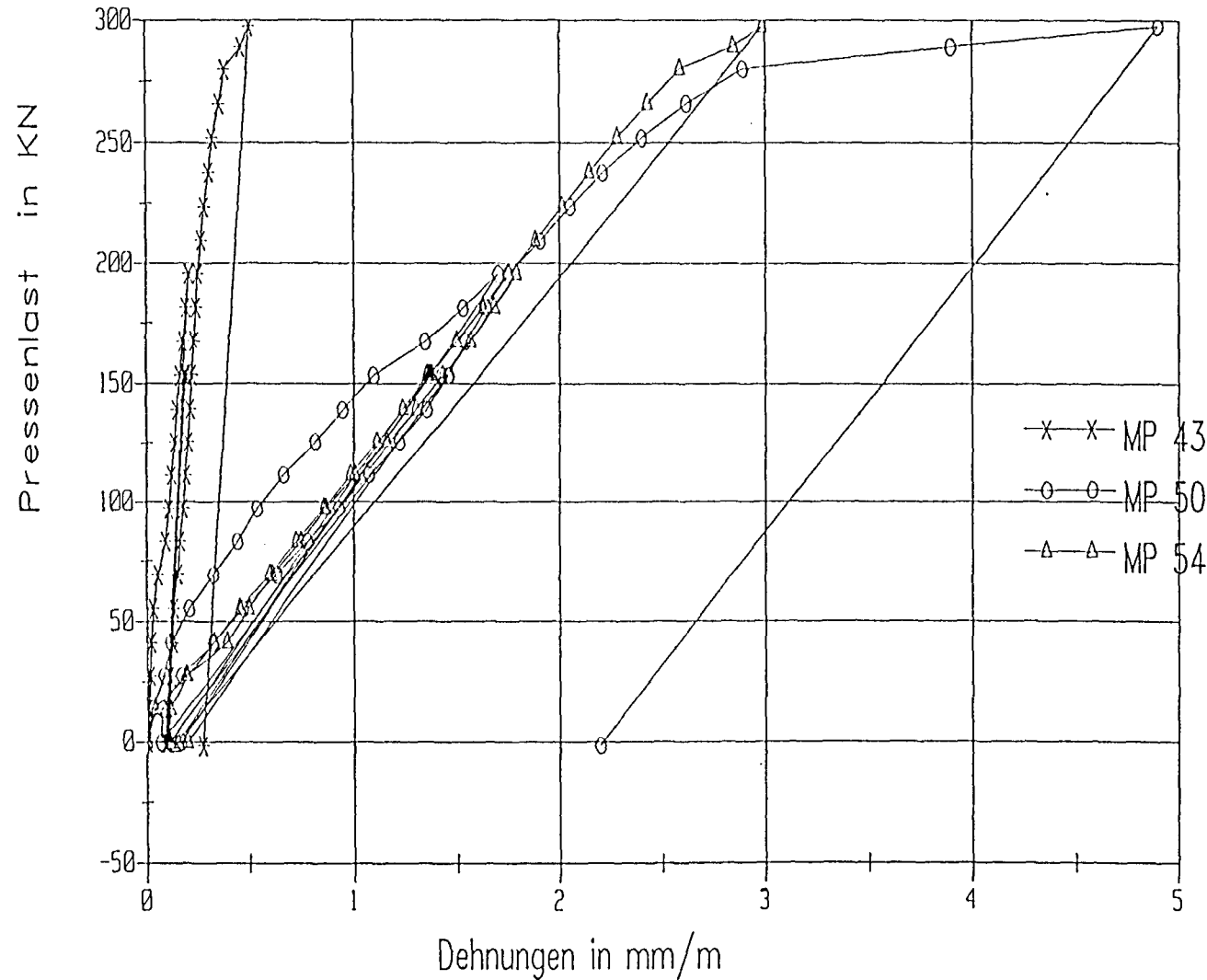
Steckbügel

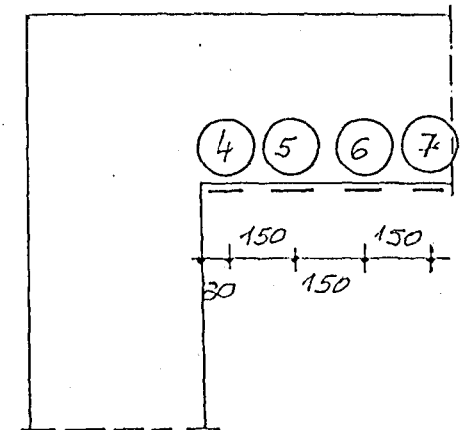
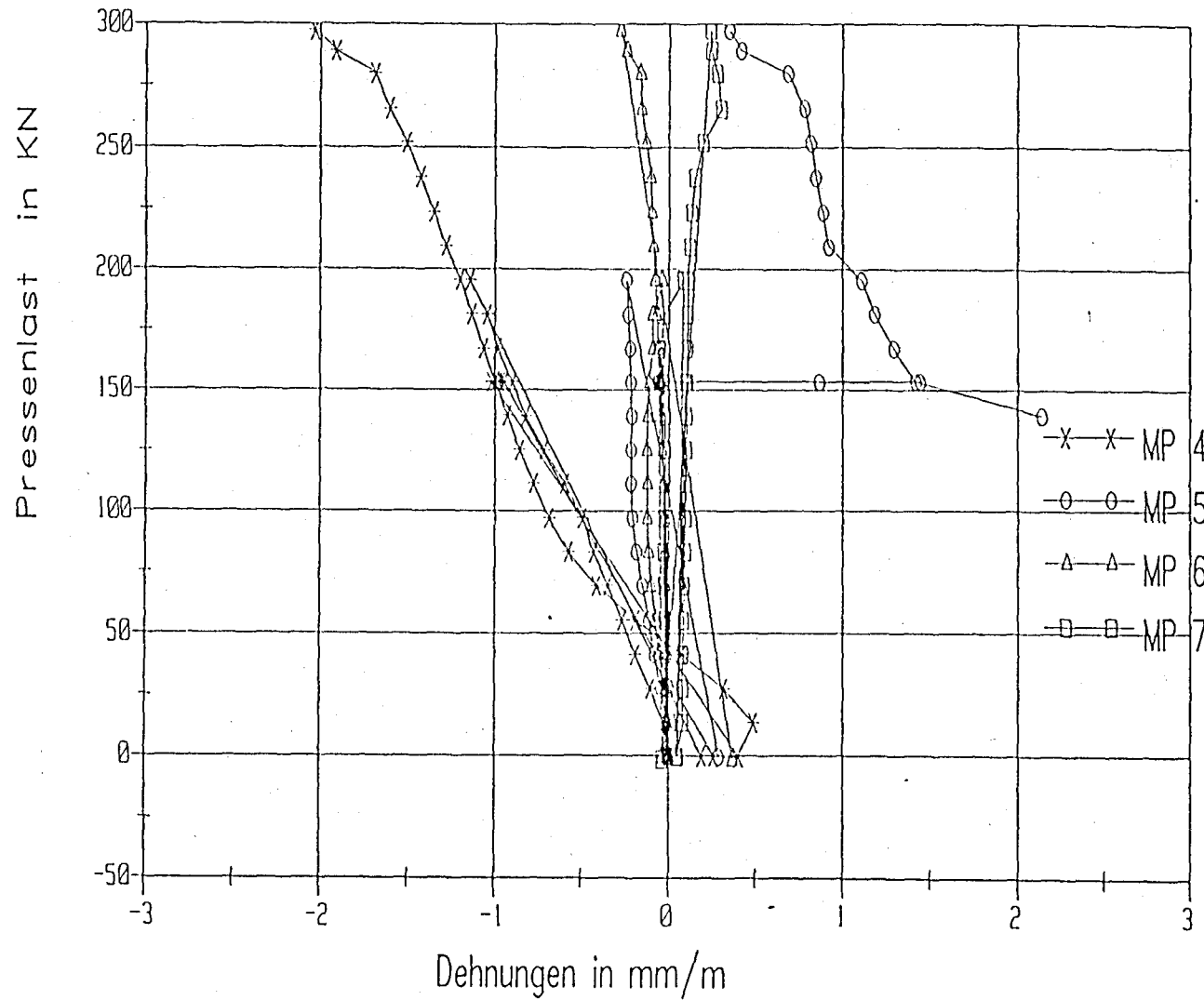
Versuchsrahmen III



Steckbügel

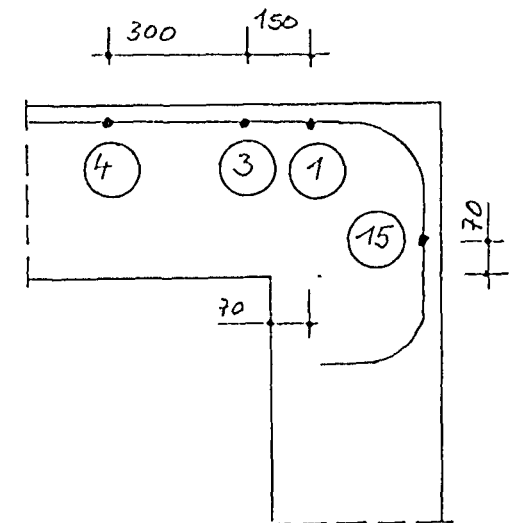
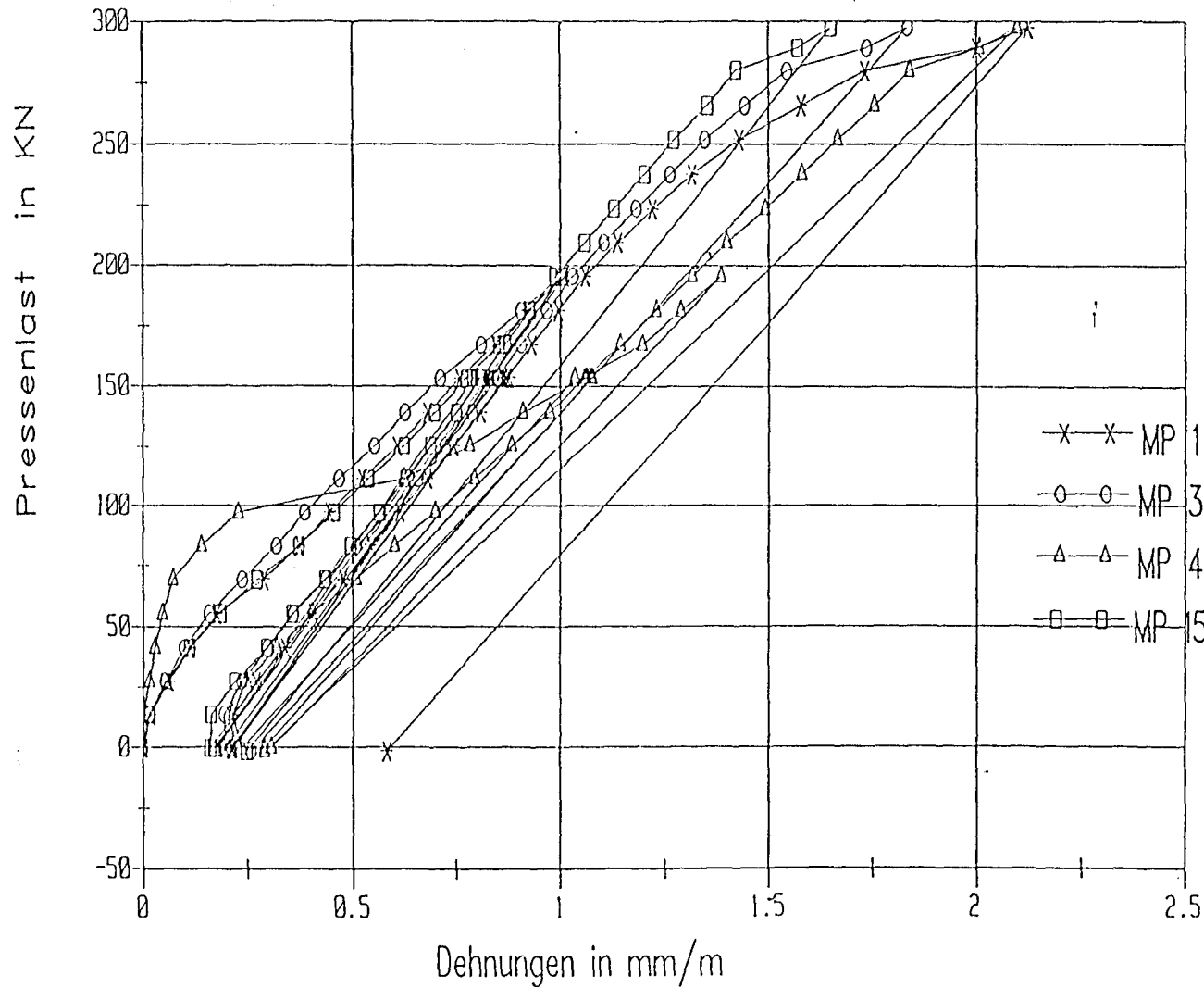
Versuchsrahmen III





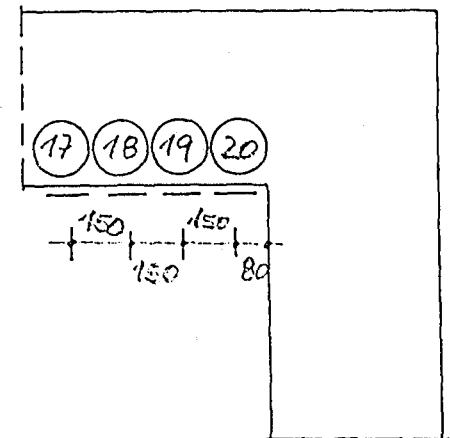
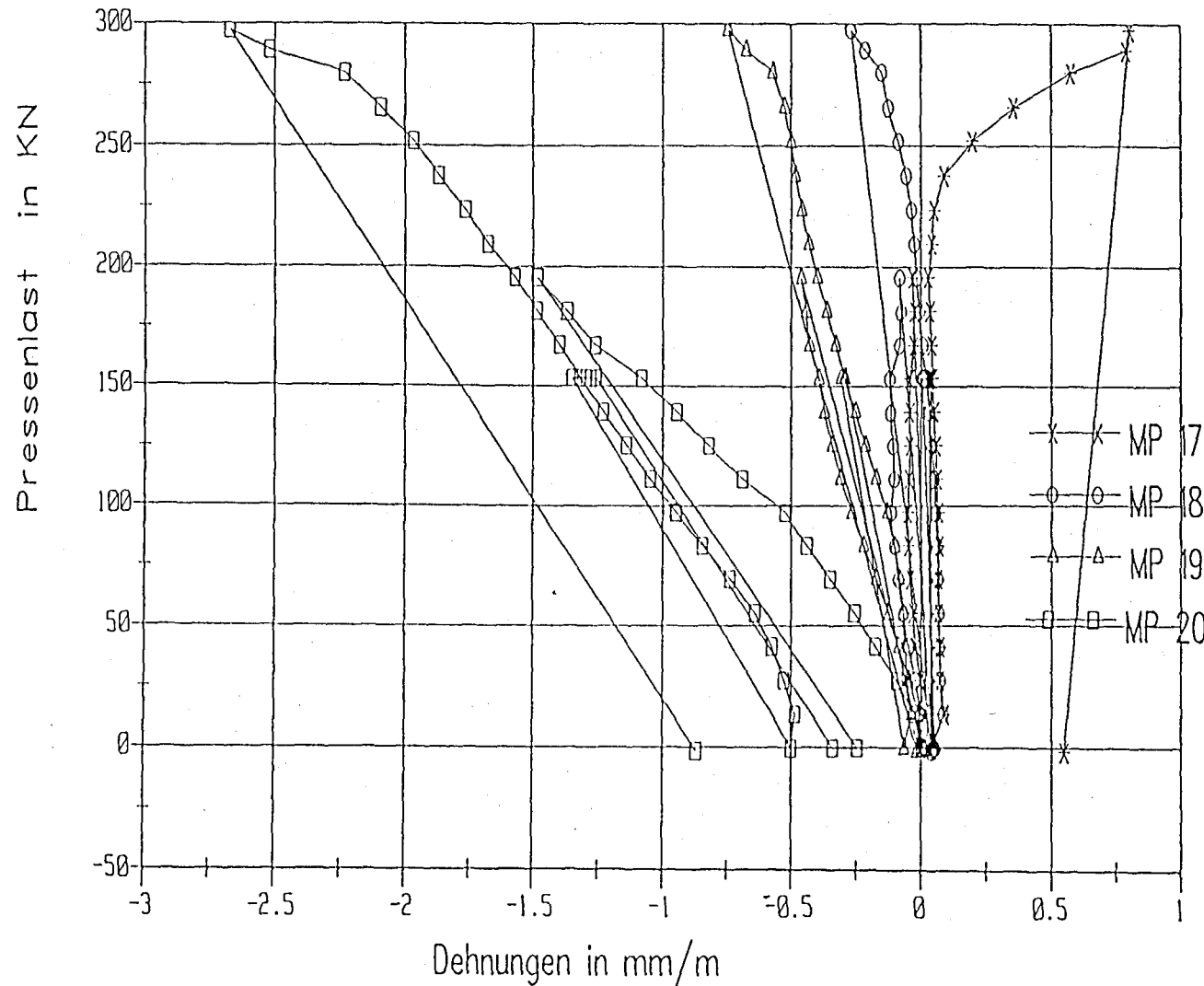
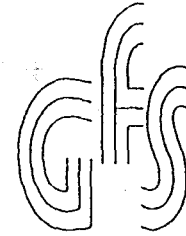
HB oben re

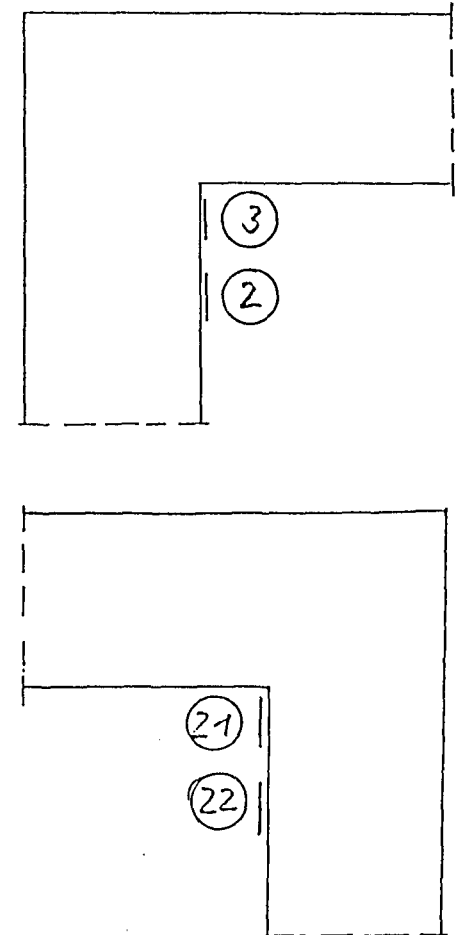
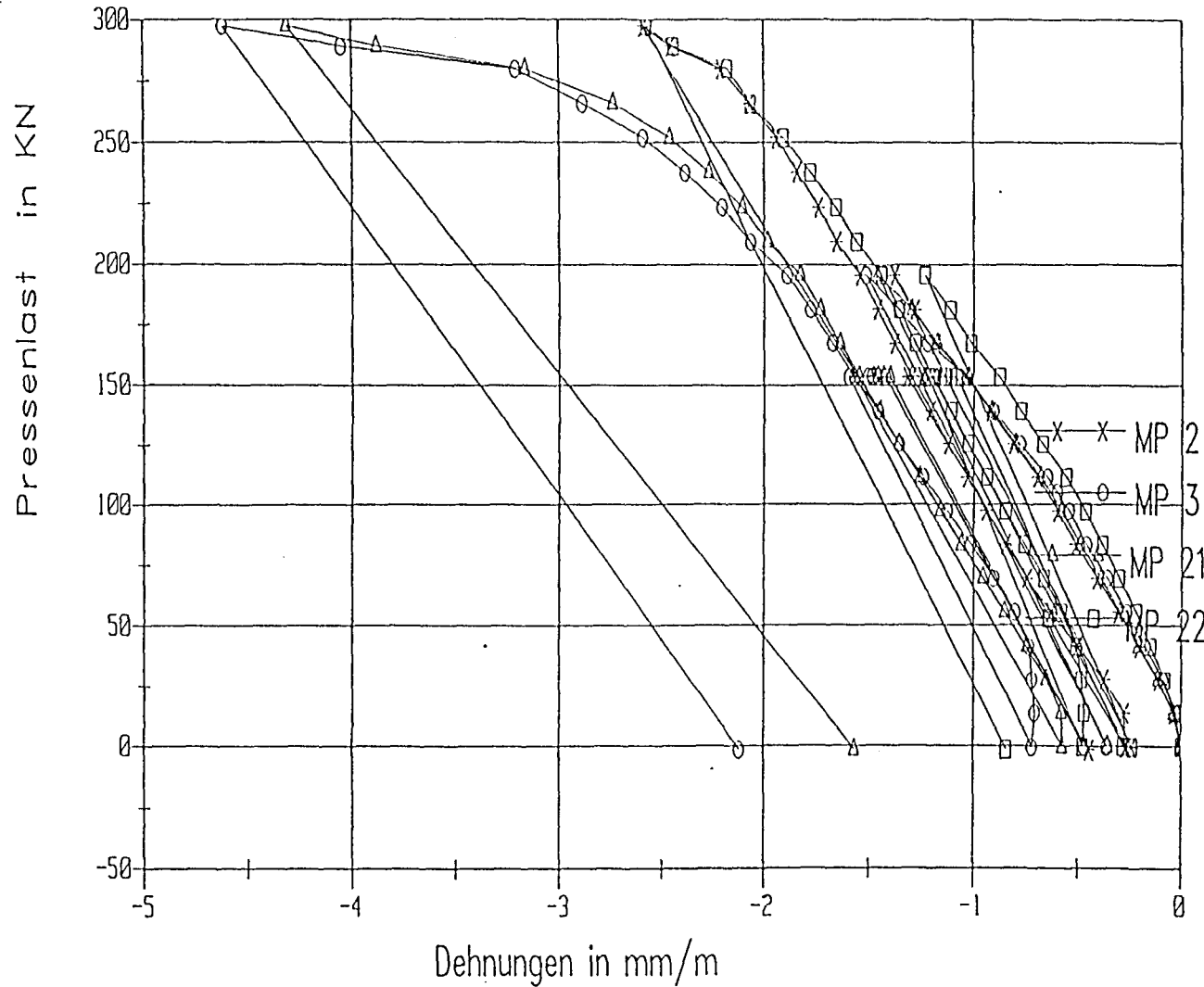
Versuchsrahmen III



Betonstauchung

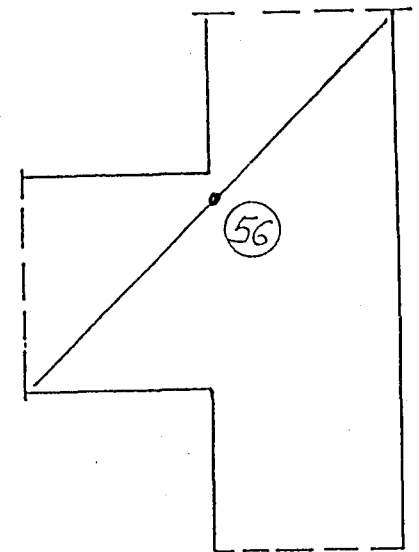
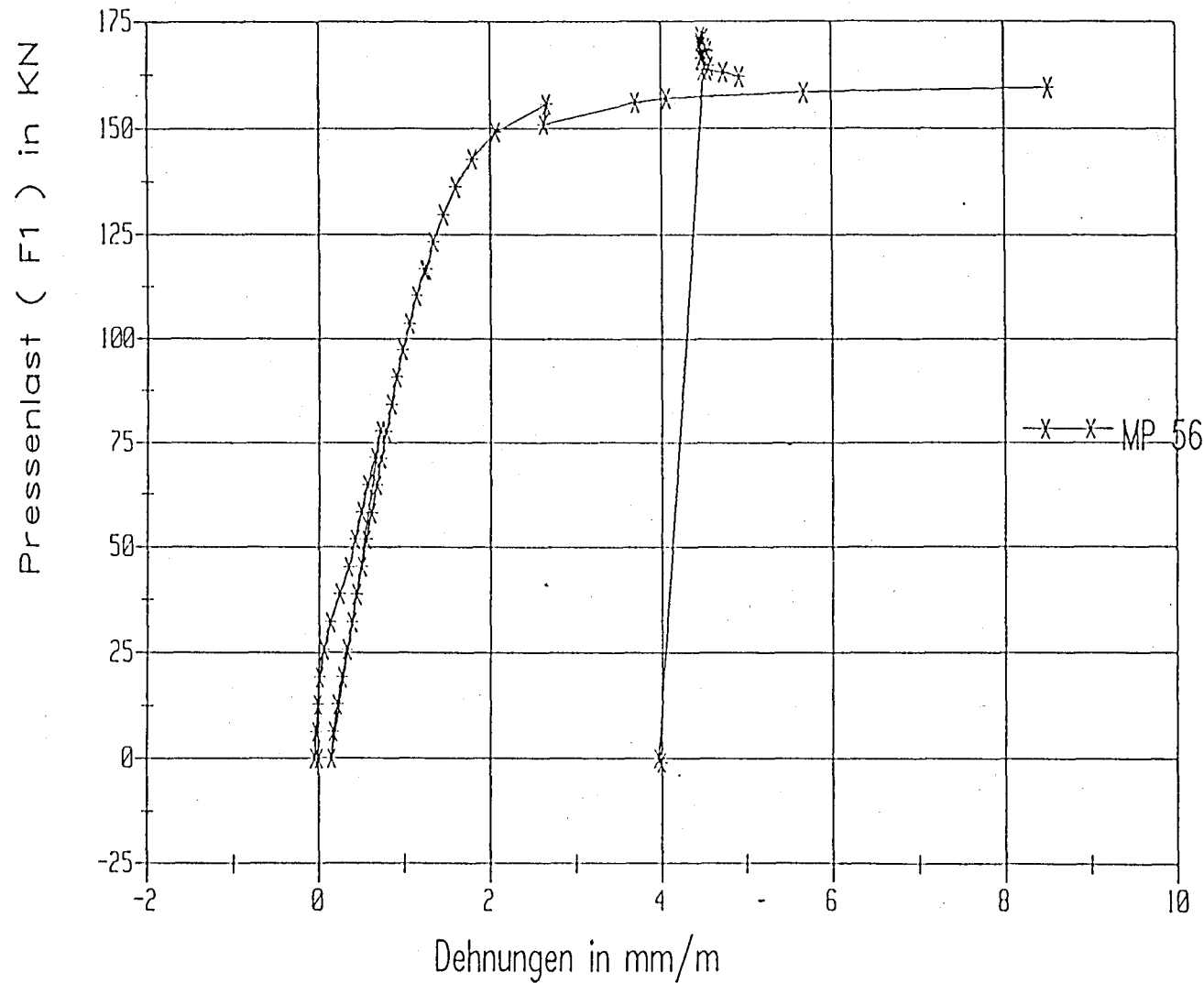
Versuchsrahmen III





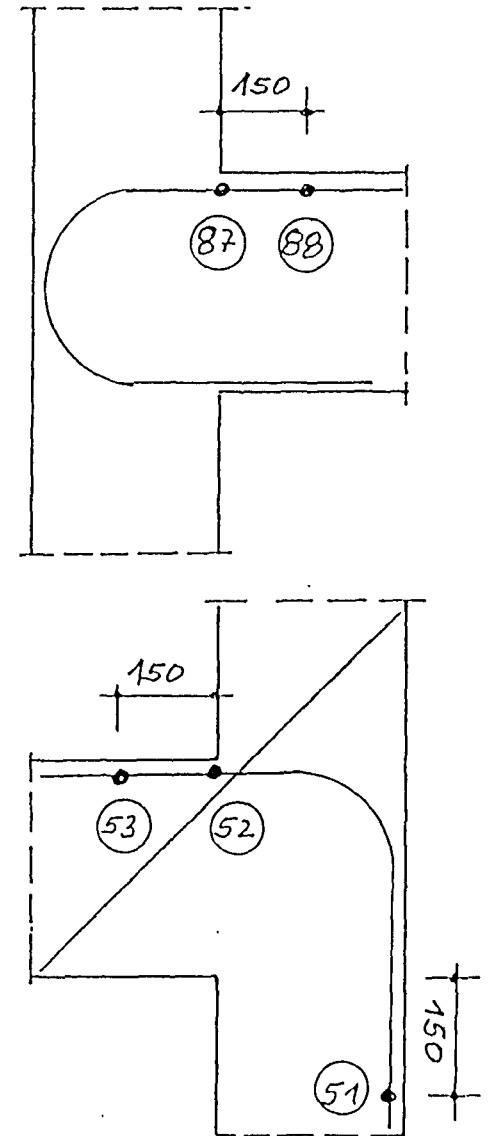
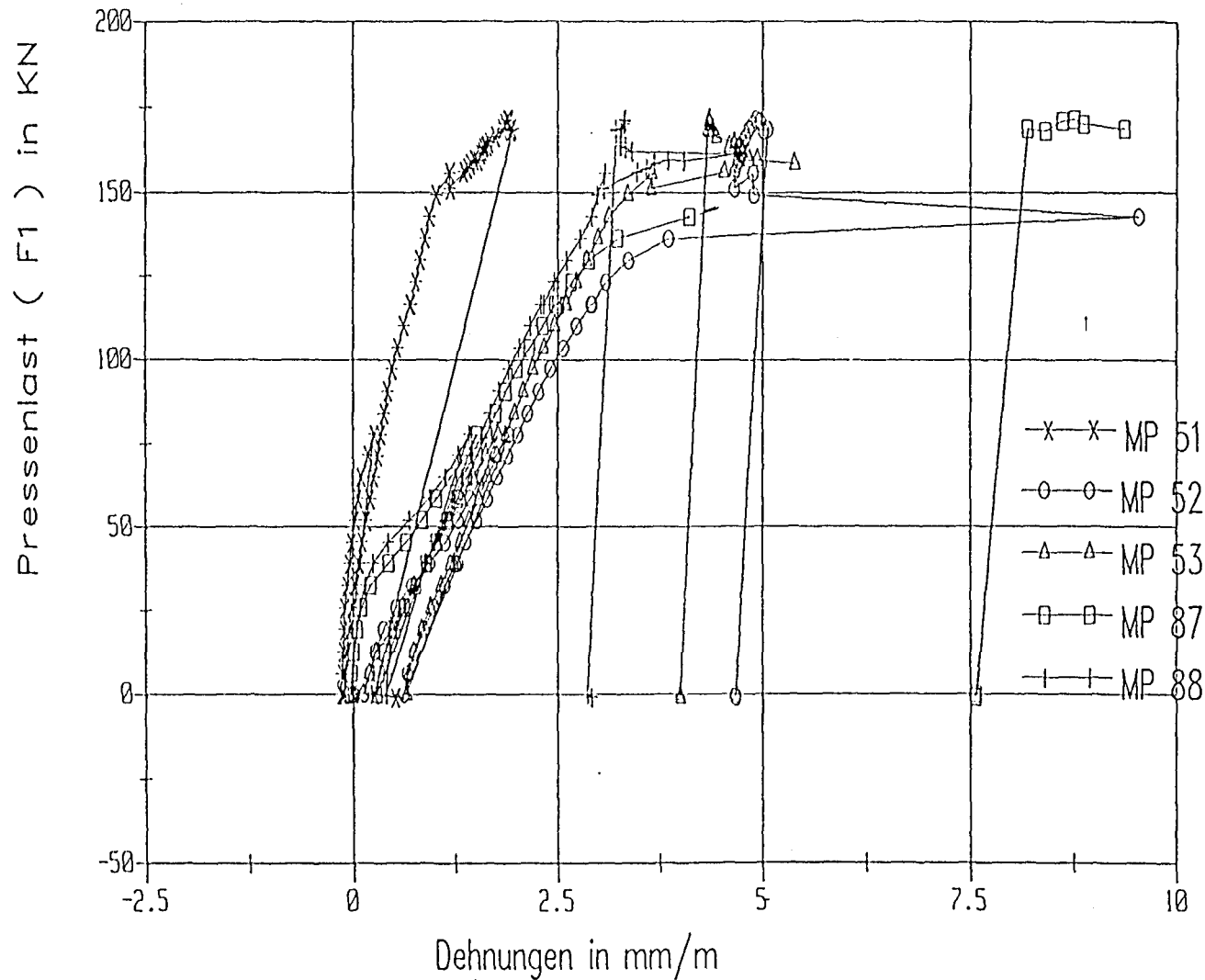
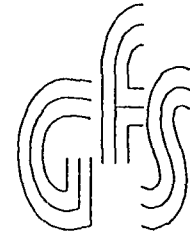
Schrägstab

Versuchsrahmen IV



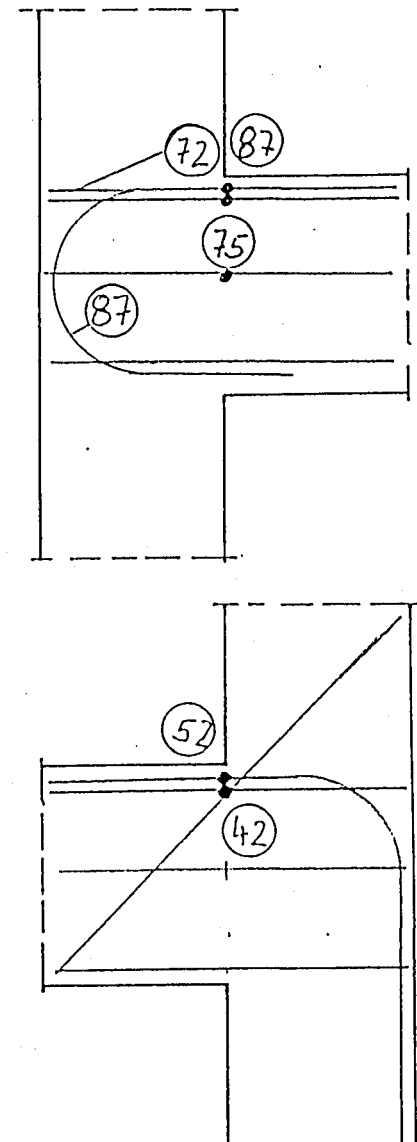
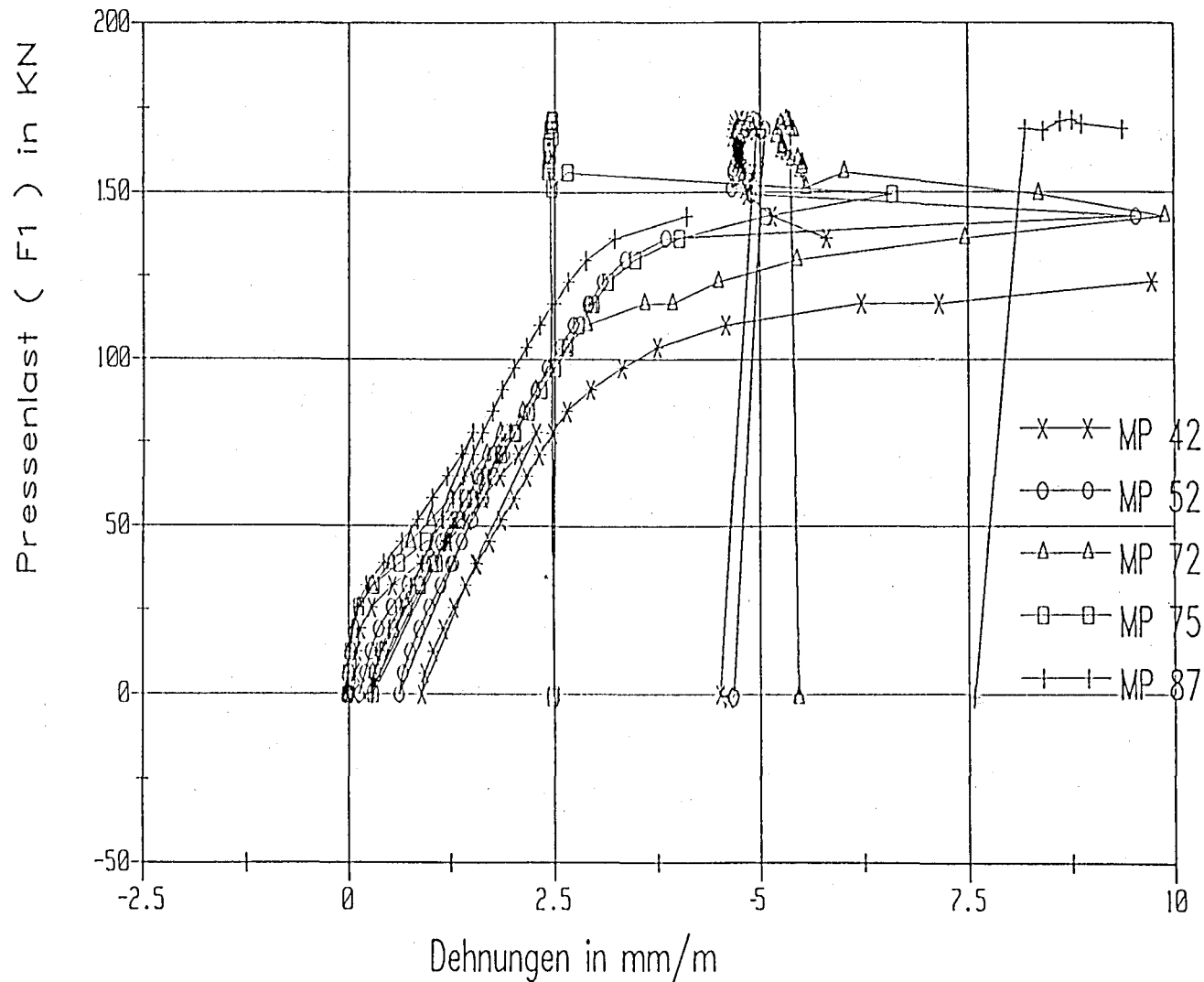
HB Riegel oben

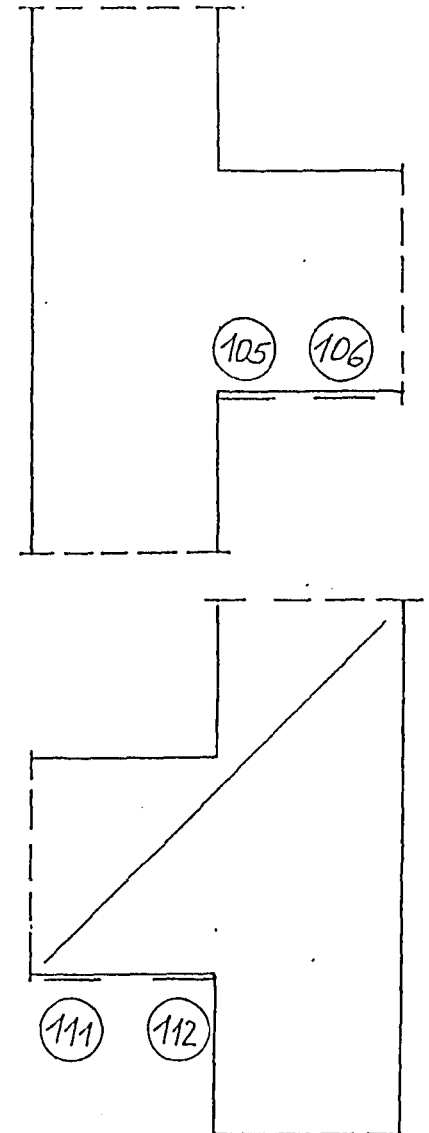
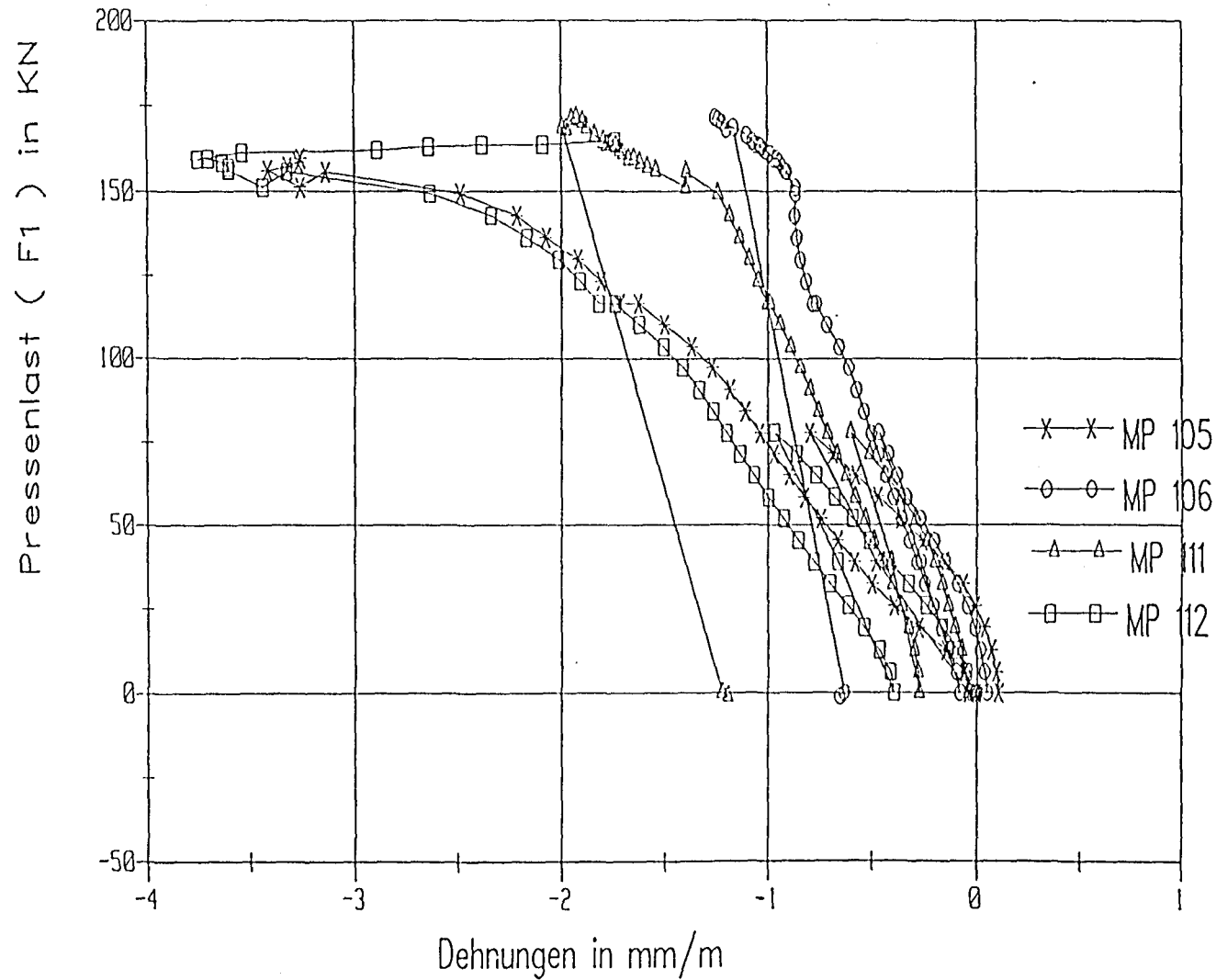
Versuchsrahmen IV



HB, Steckbügel Riegelanschnitt

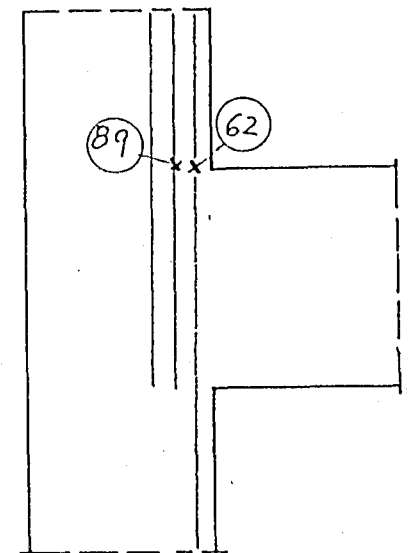
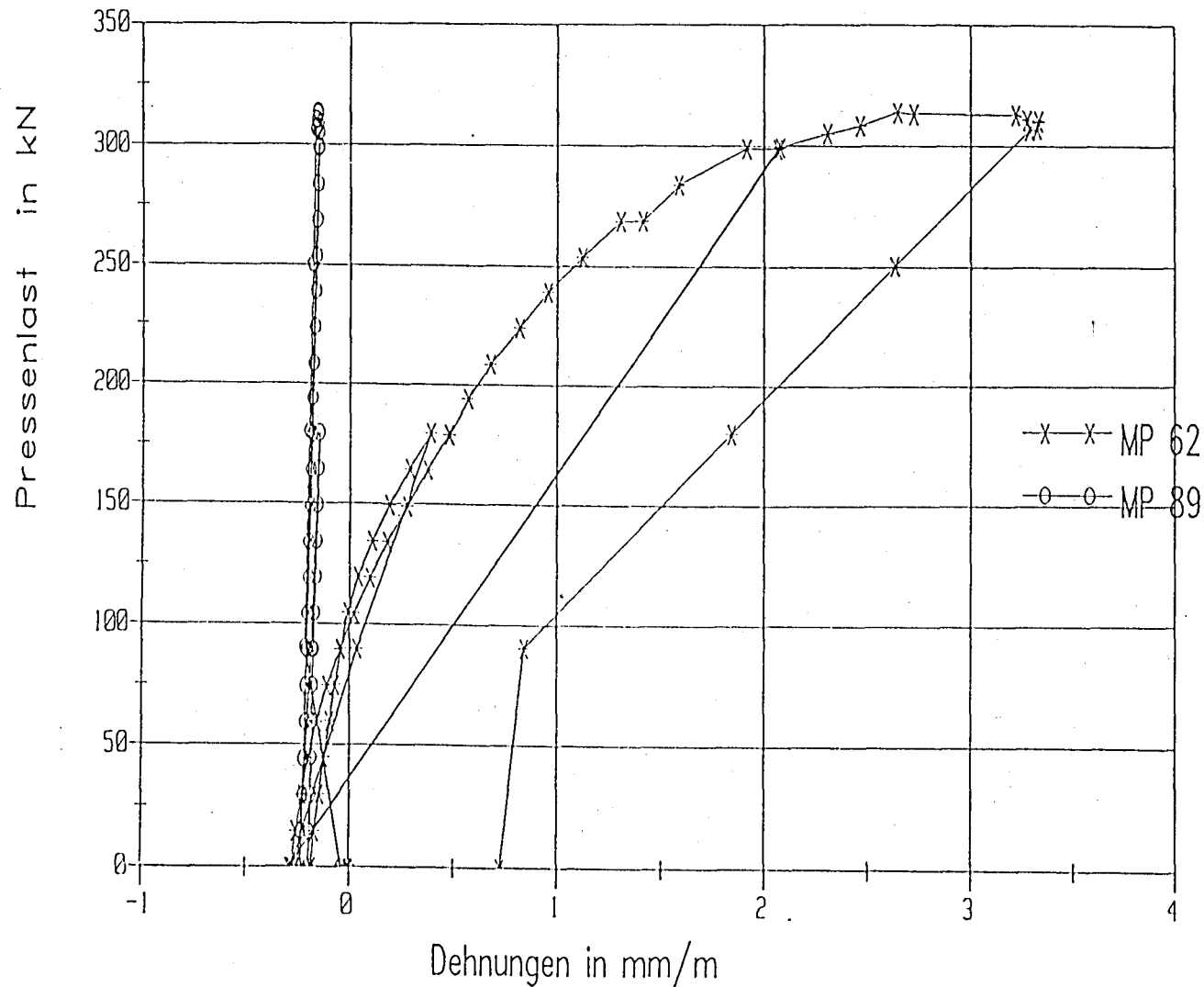
Versuchsrahmen IV





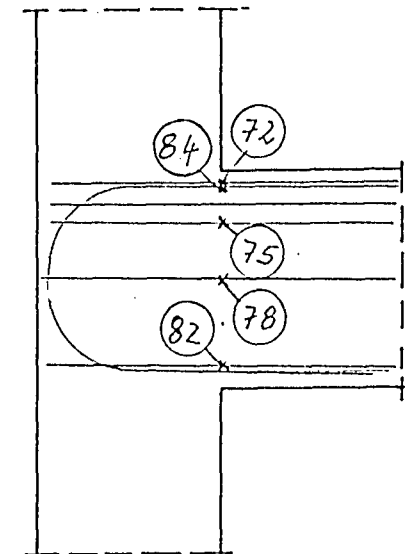
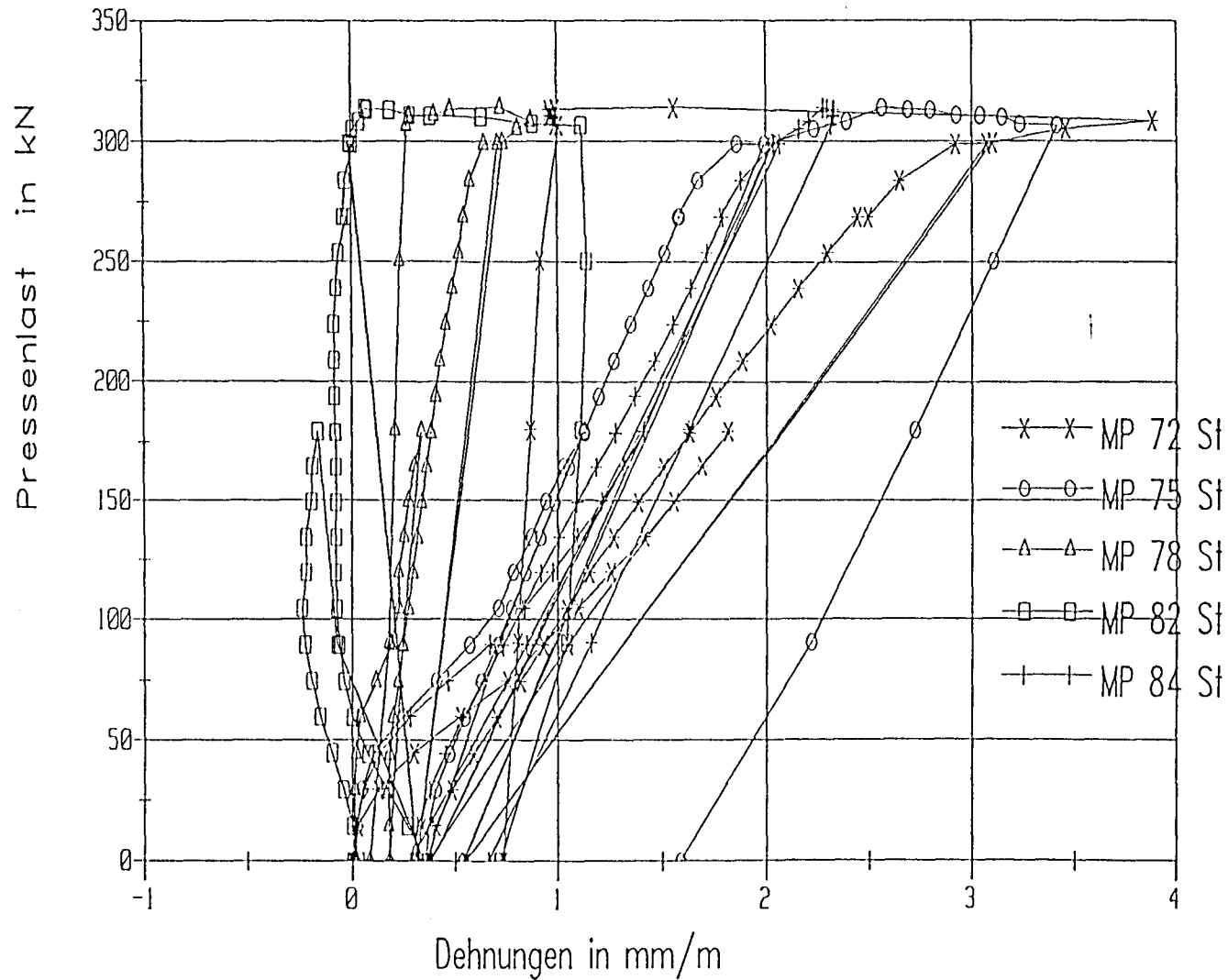
Knoten ohne Schrägstab

Versuchsrahmen V



Riegelanschnitt o. Schrägstab

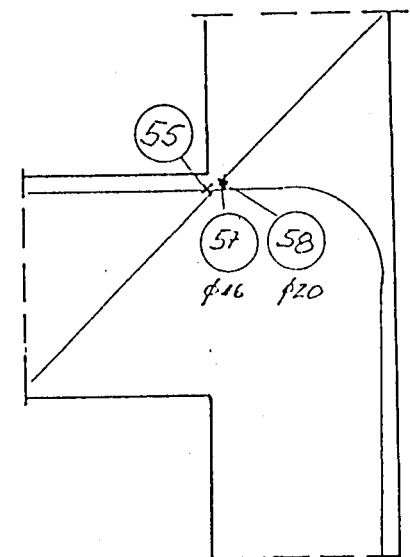
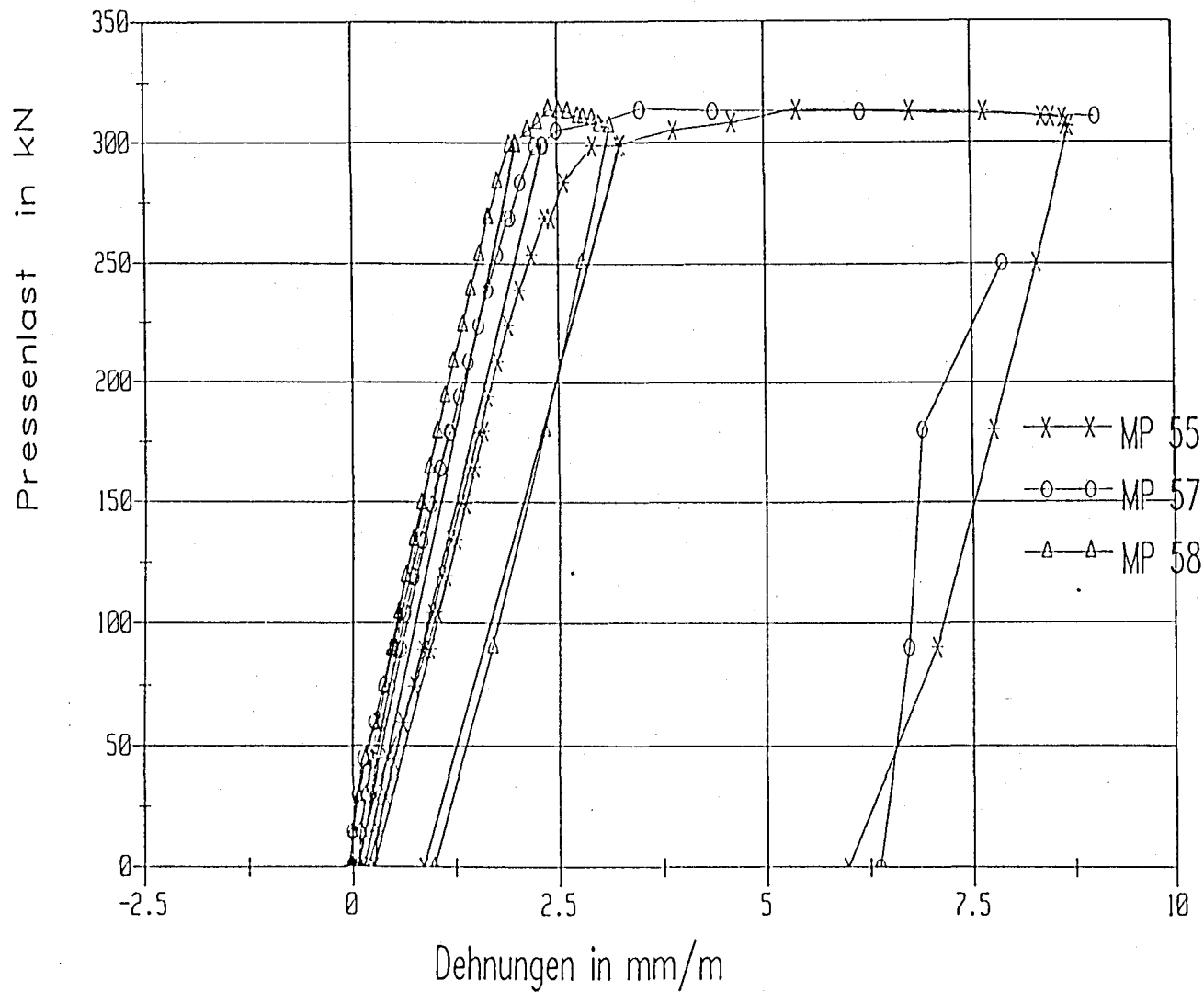
Versuchsrahmen V



Anlage 31.21

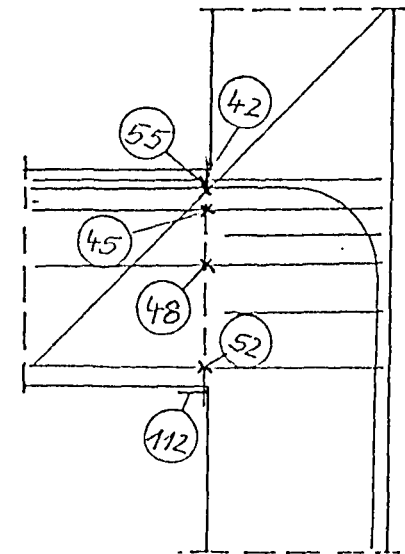
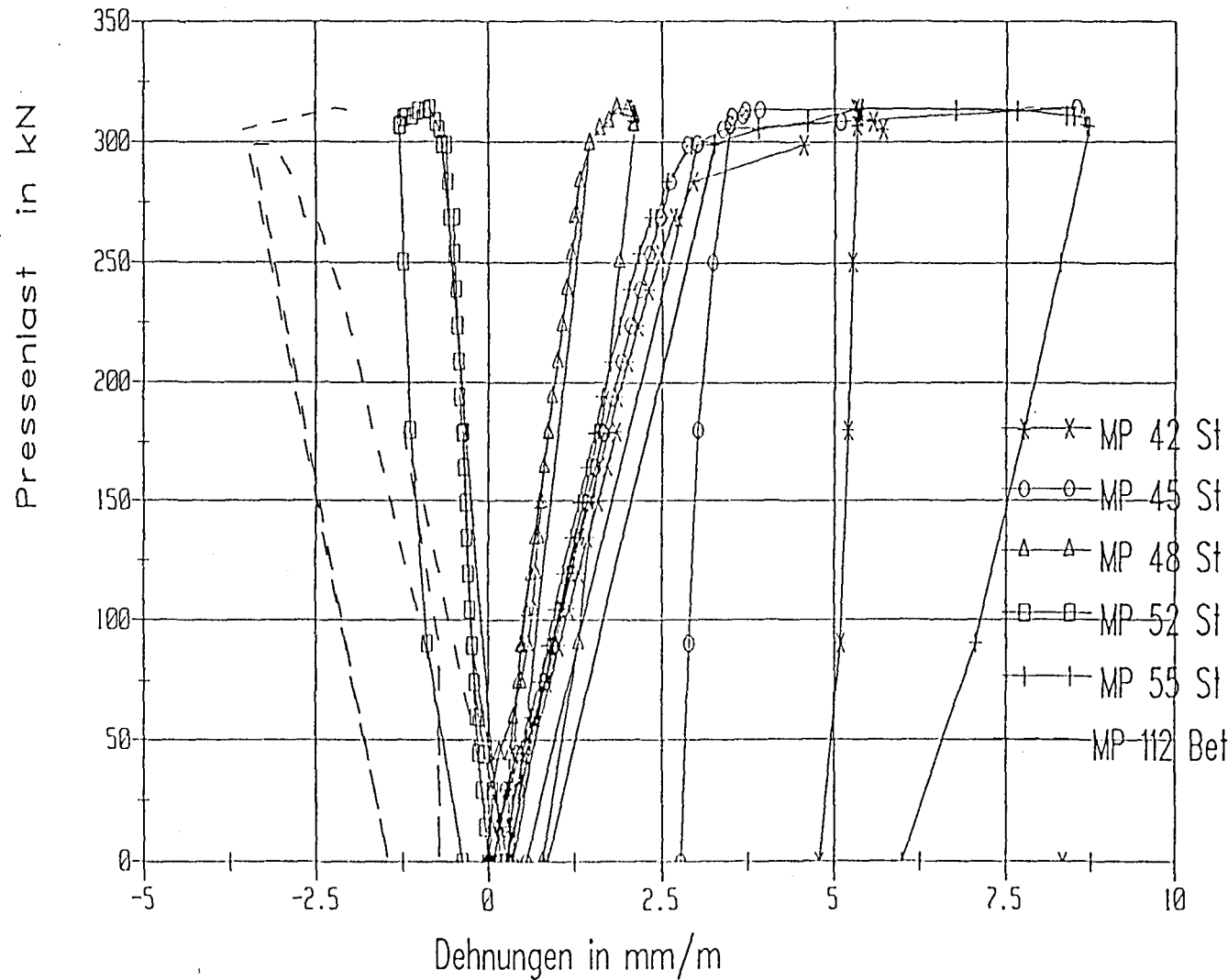
Bügel Stiel Schrägstab

Versuchsrahmen V



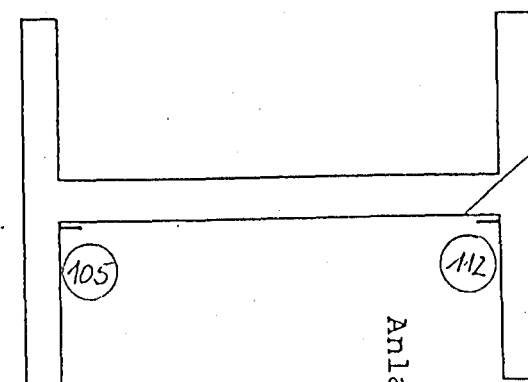
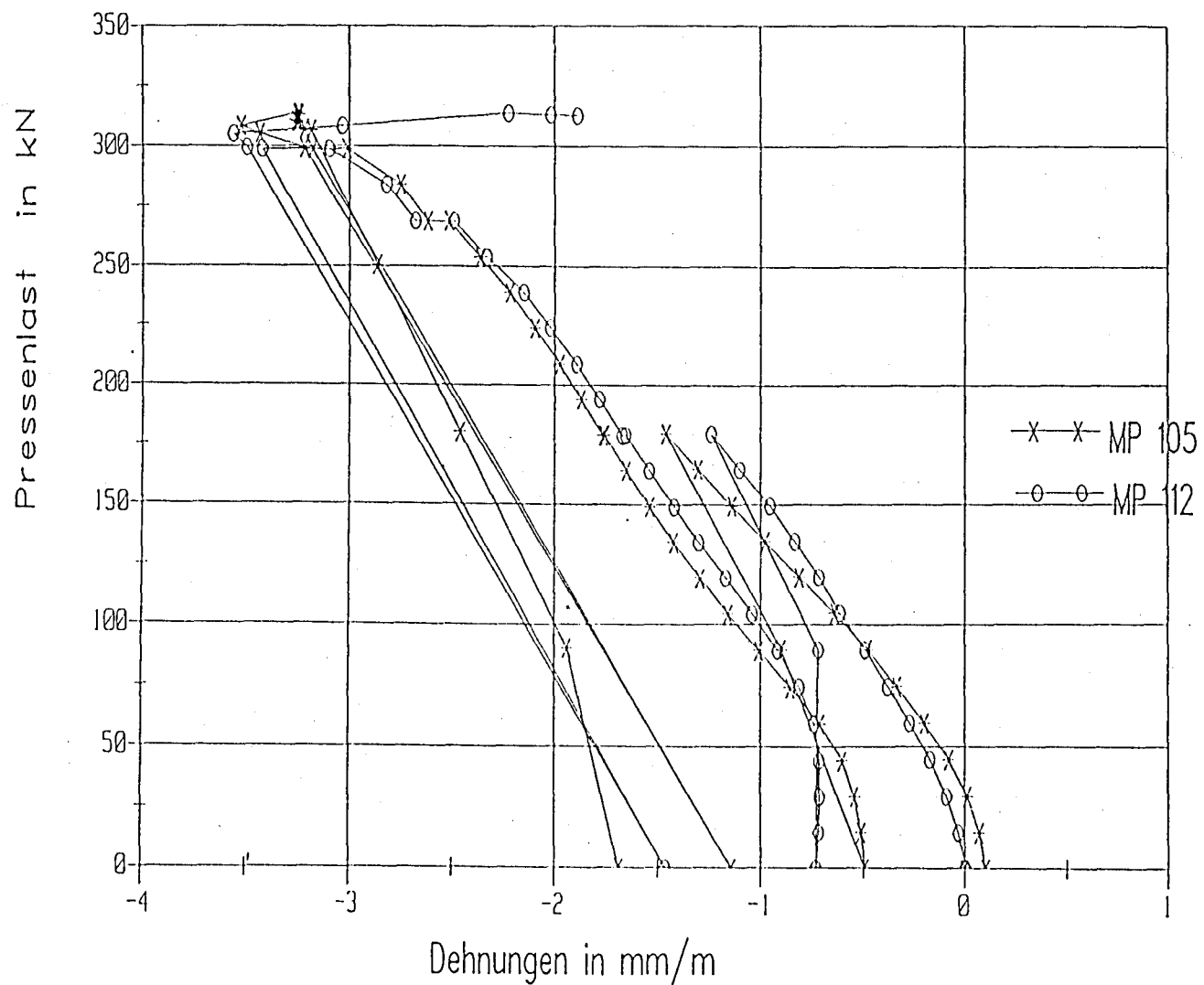
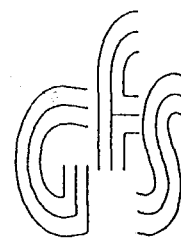
Knoten mit Schrägstab

Versuchsrahmen V

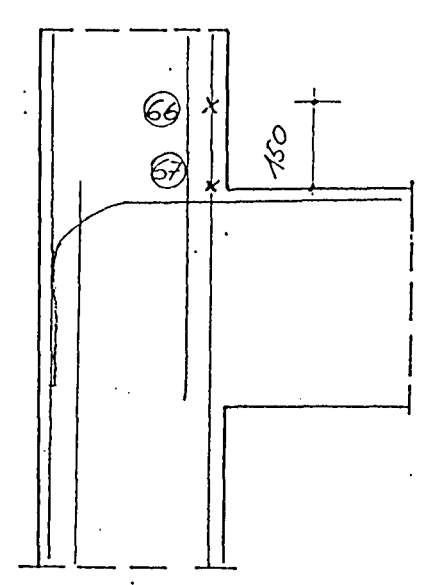
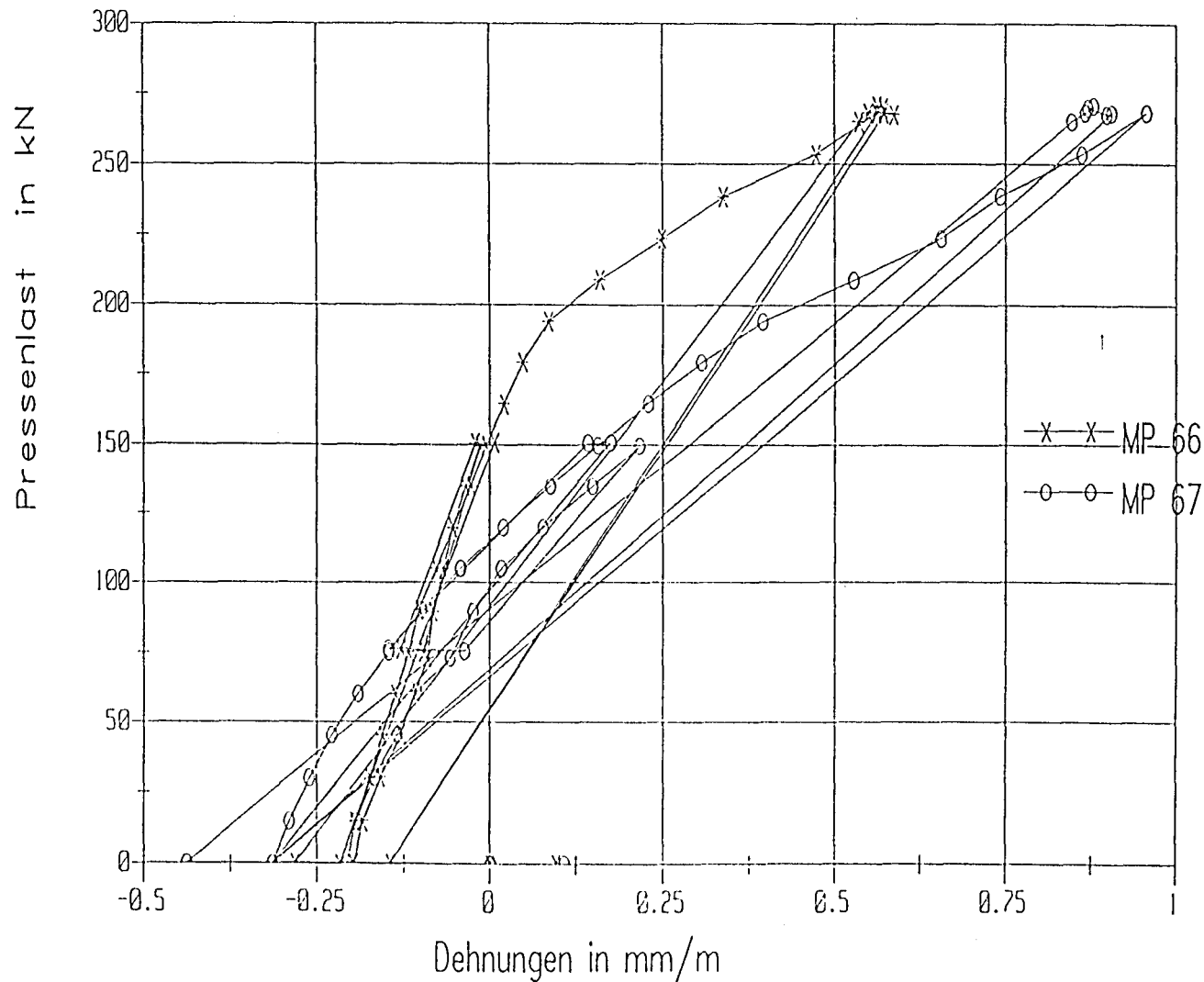


Beton Riegel

Versuchsrahmen V

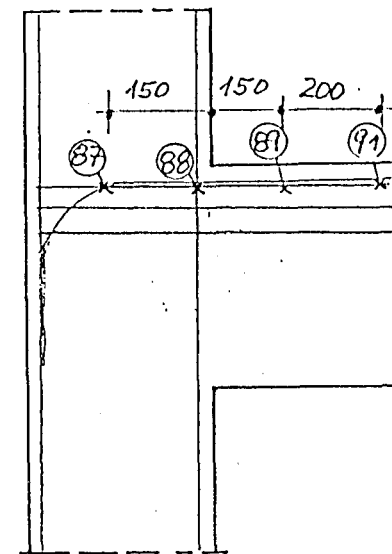
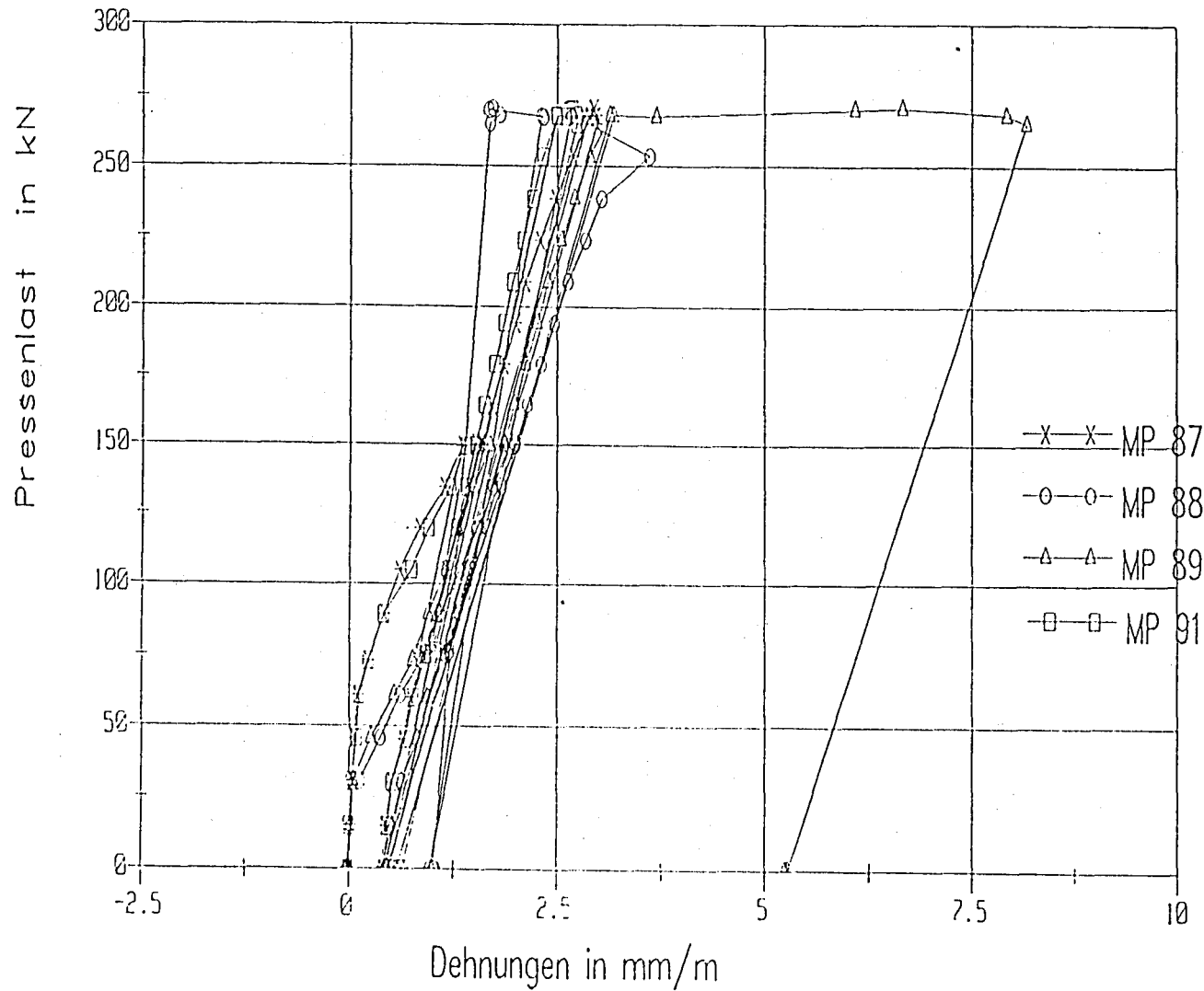


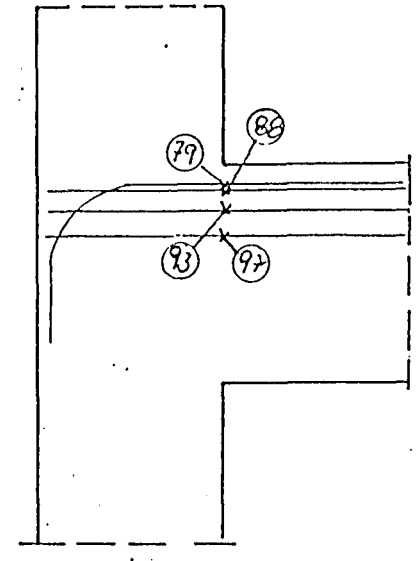
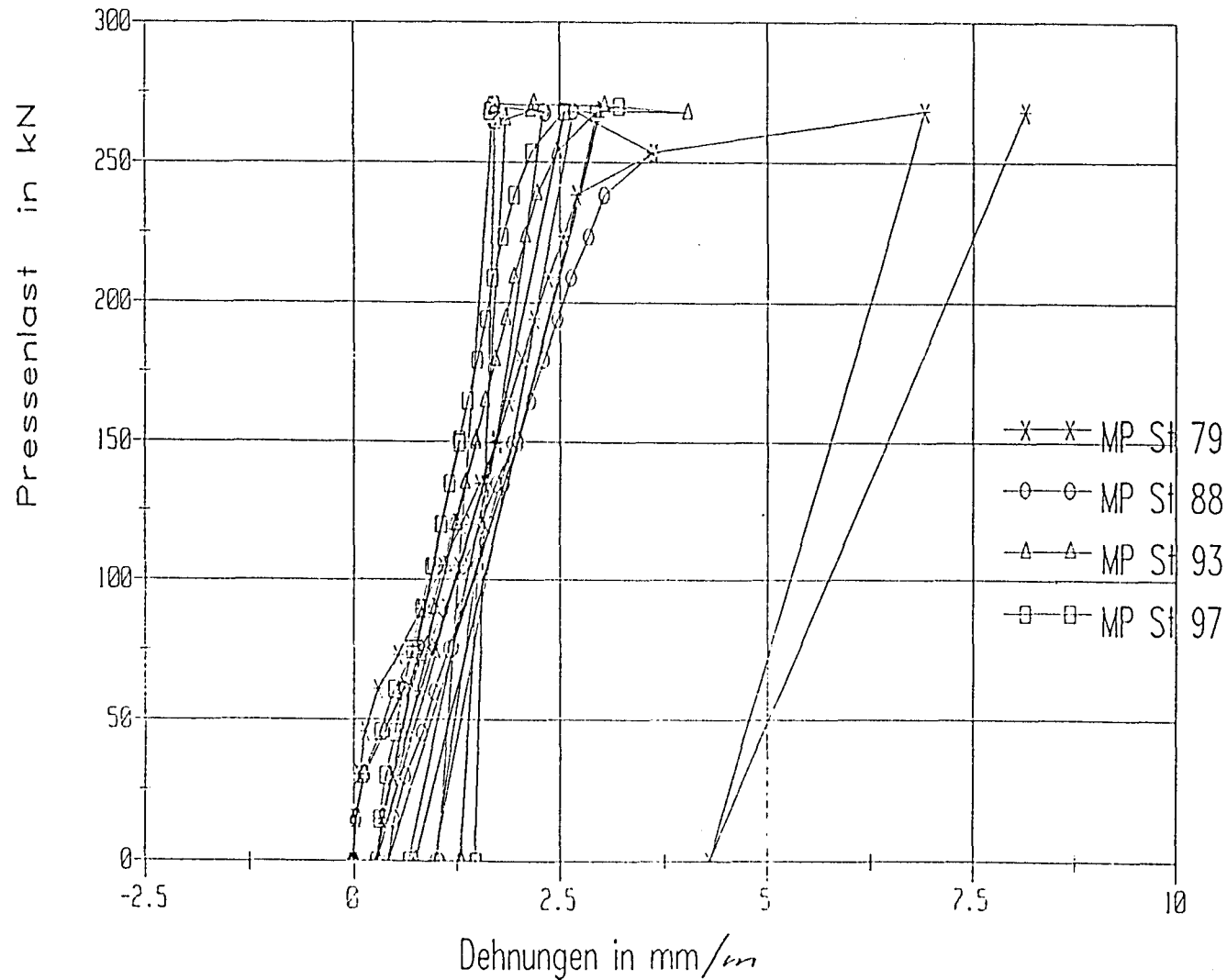
Anlage 31.50



Stahldehnung

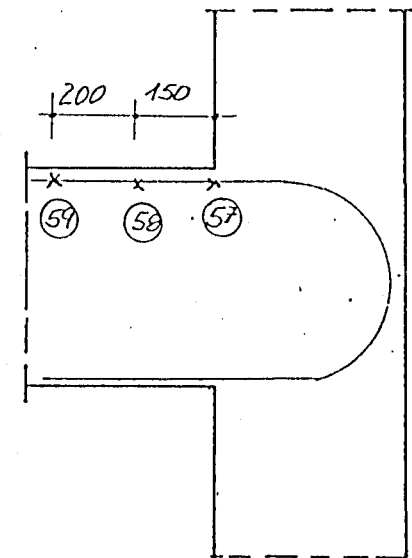
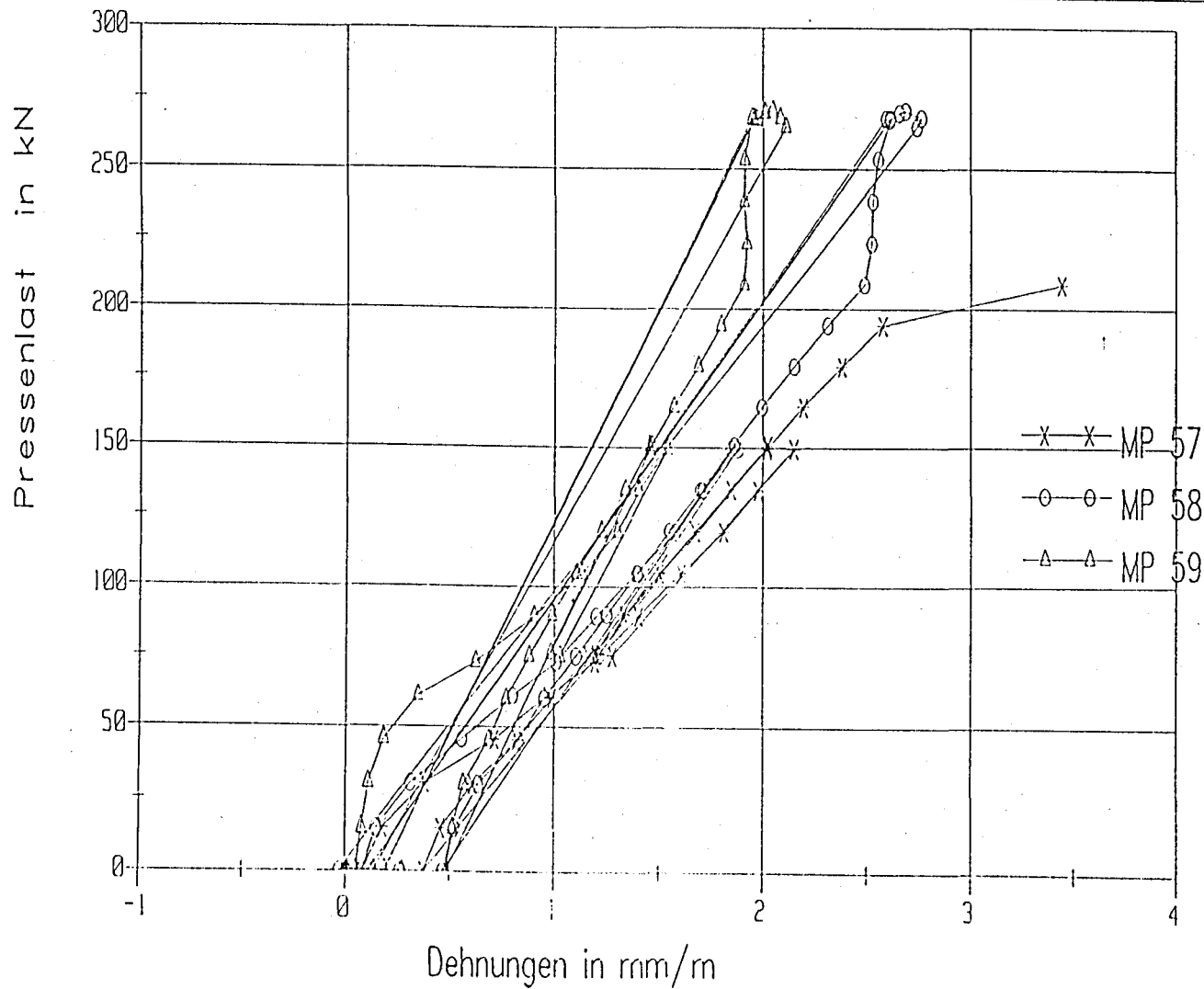
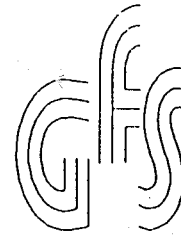
Versuchsrahmen VI

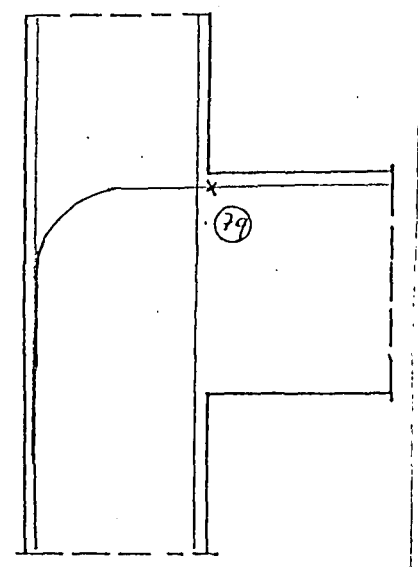
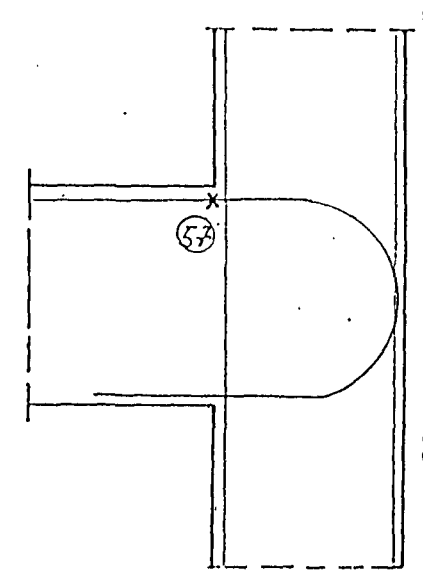
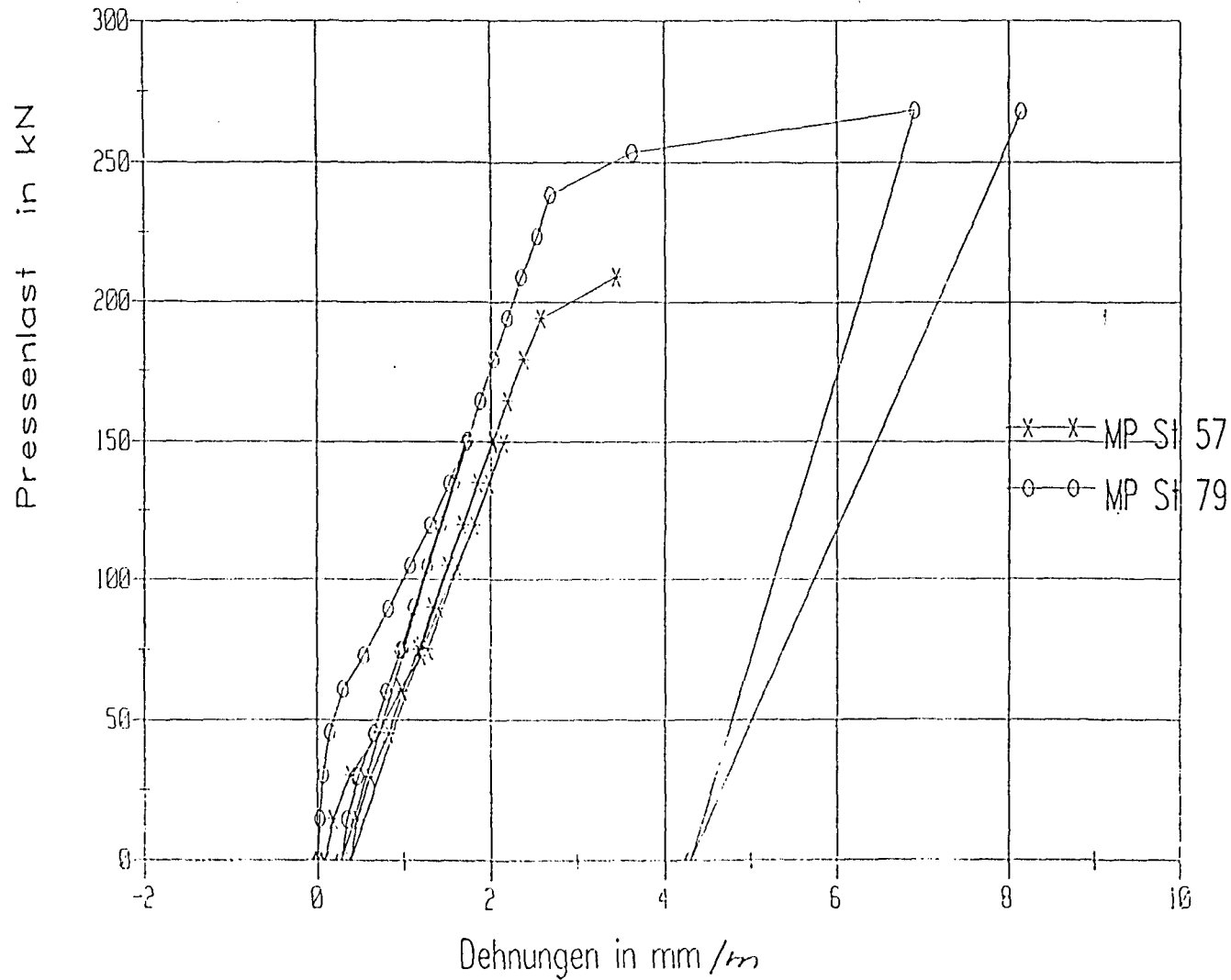


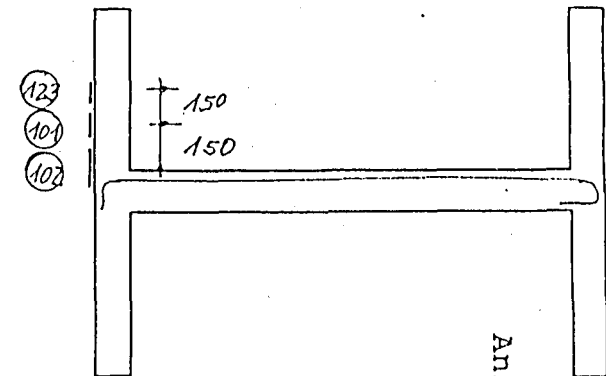
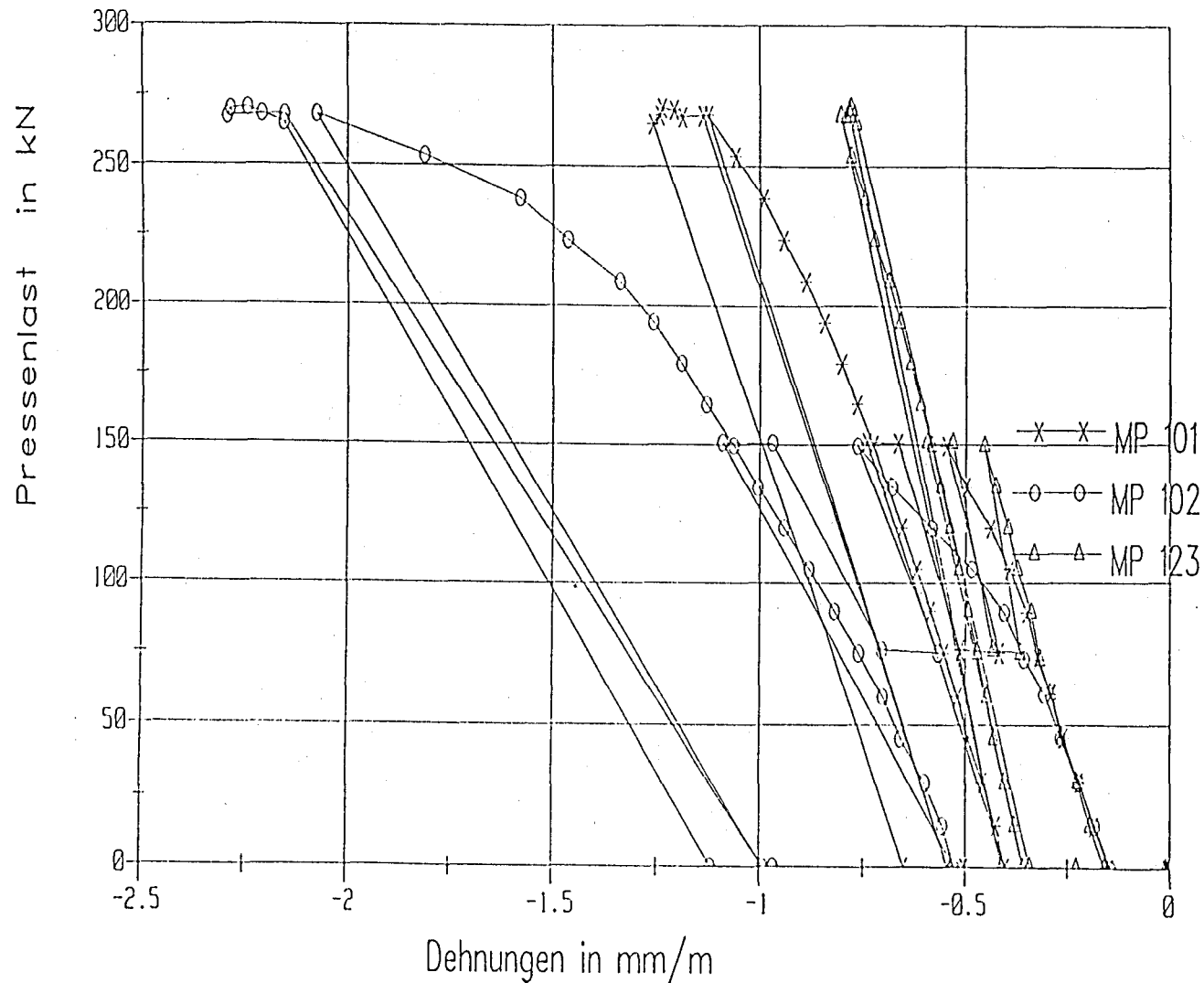


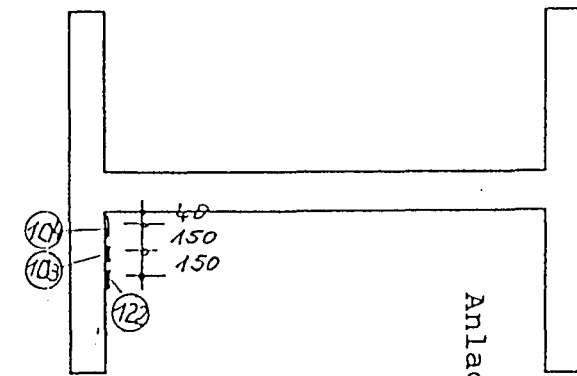
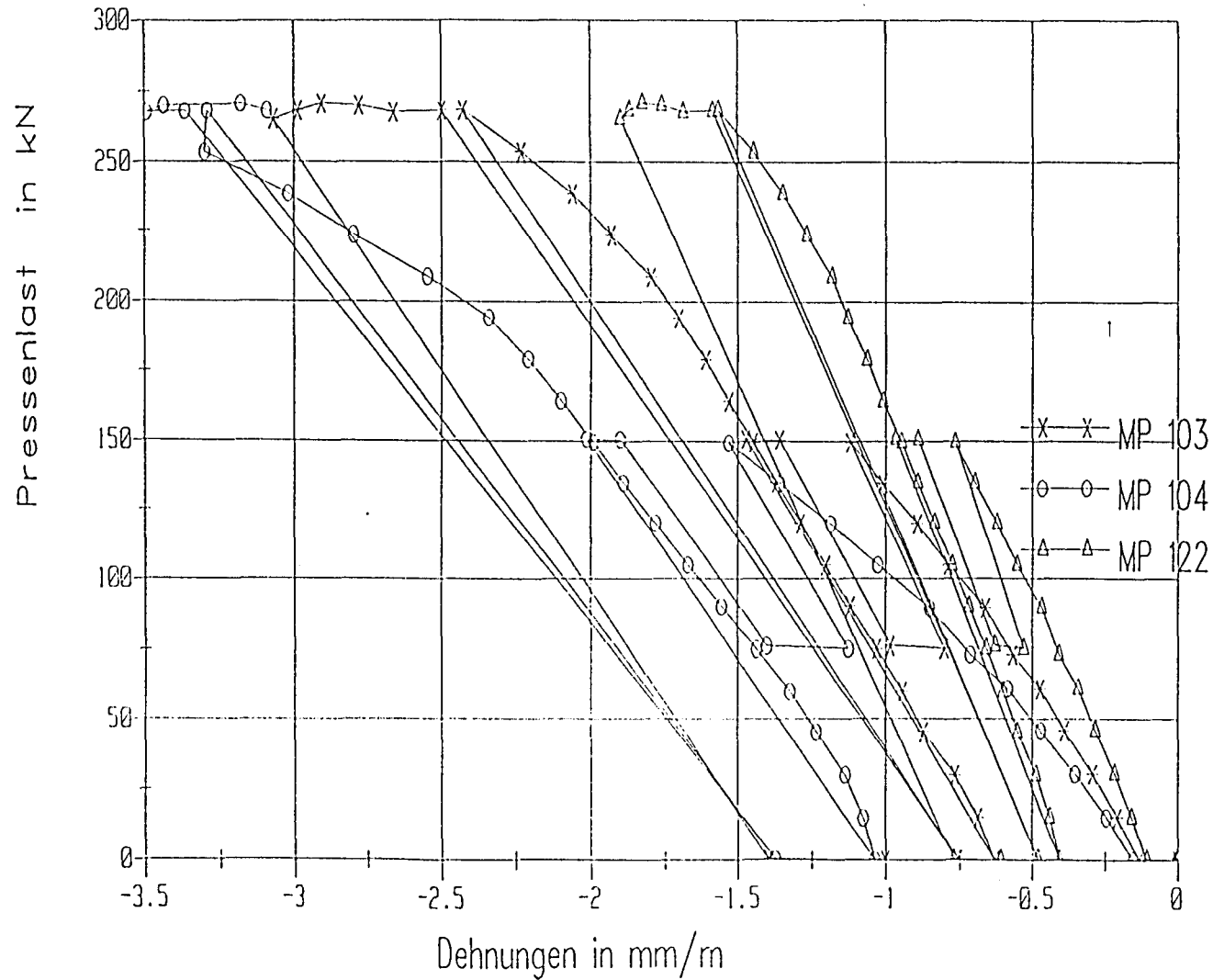
Stahldehnung

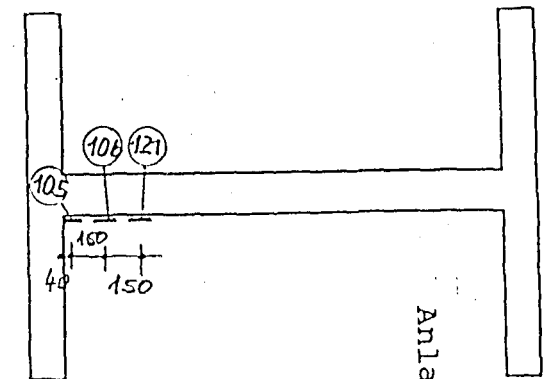
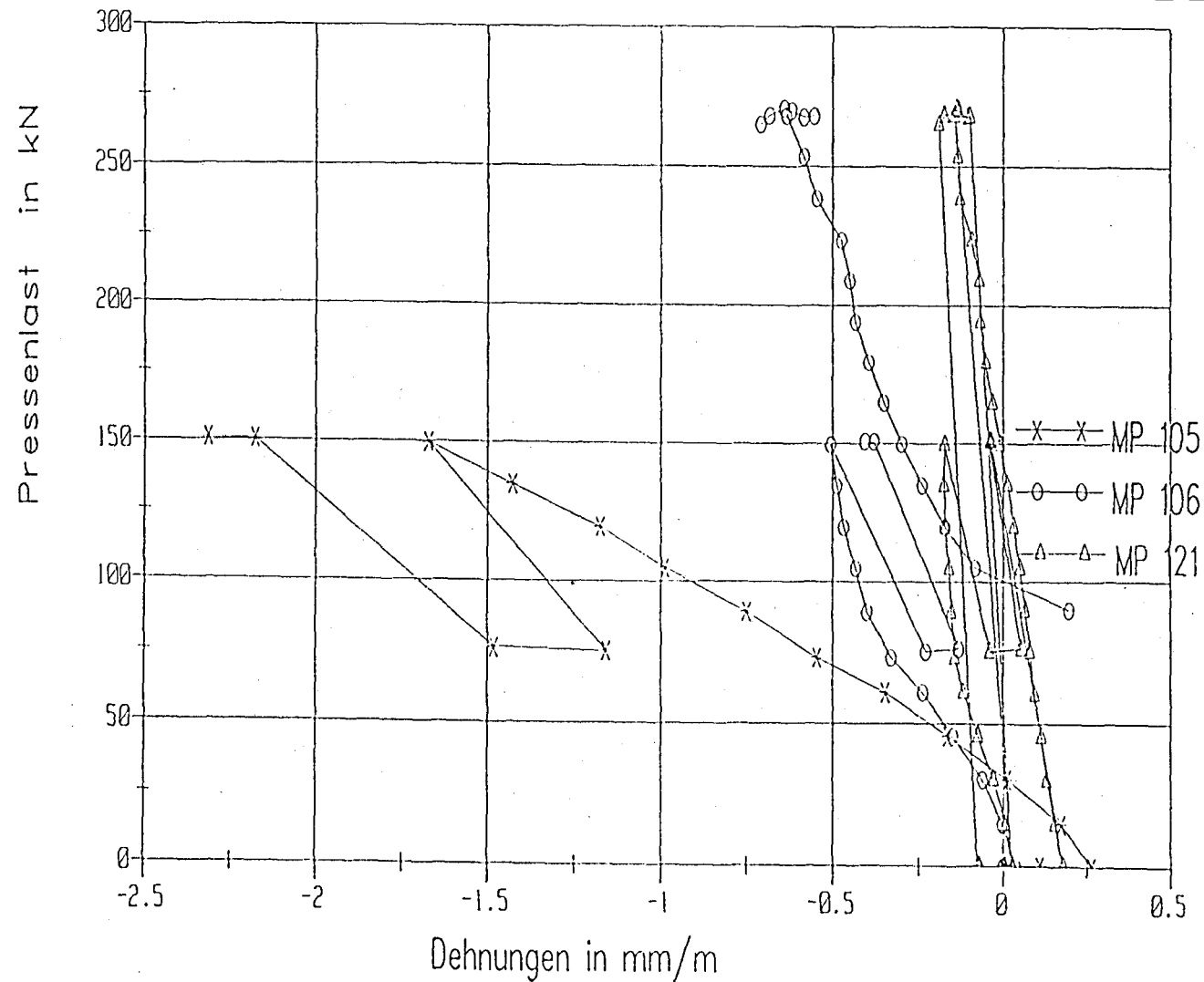
Versuchsrahmen VI

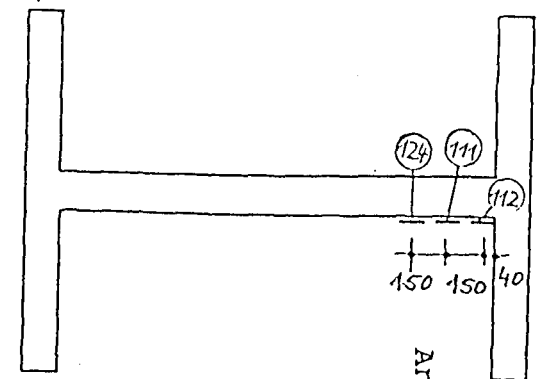
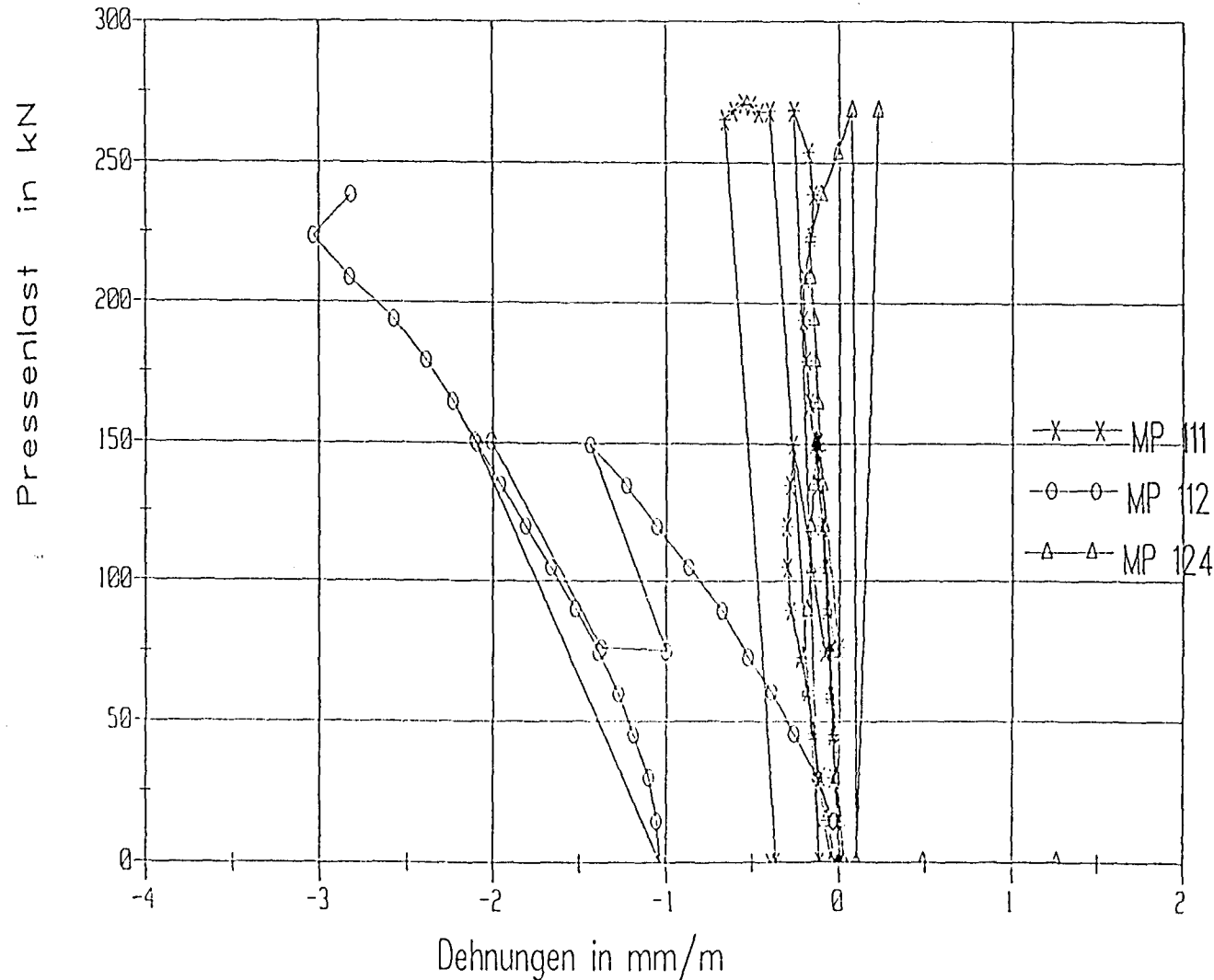








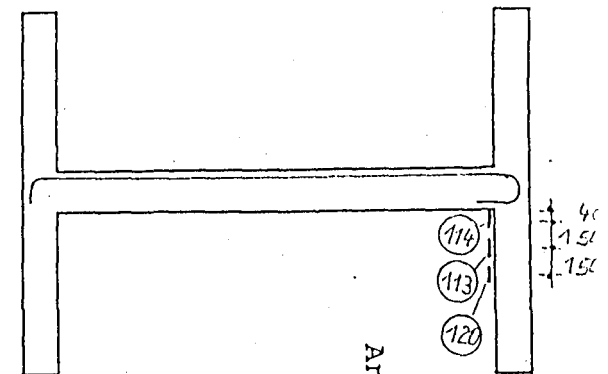
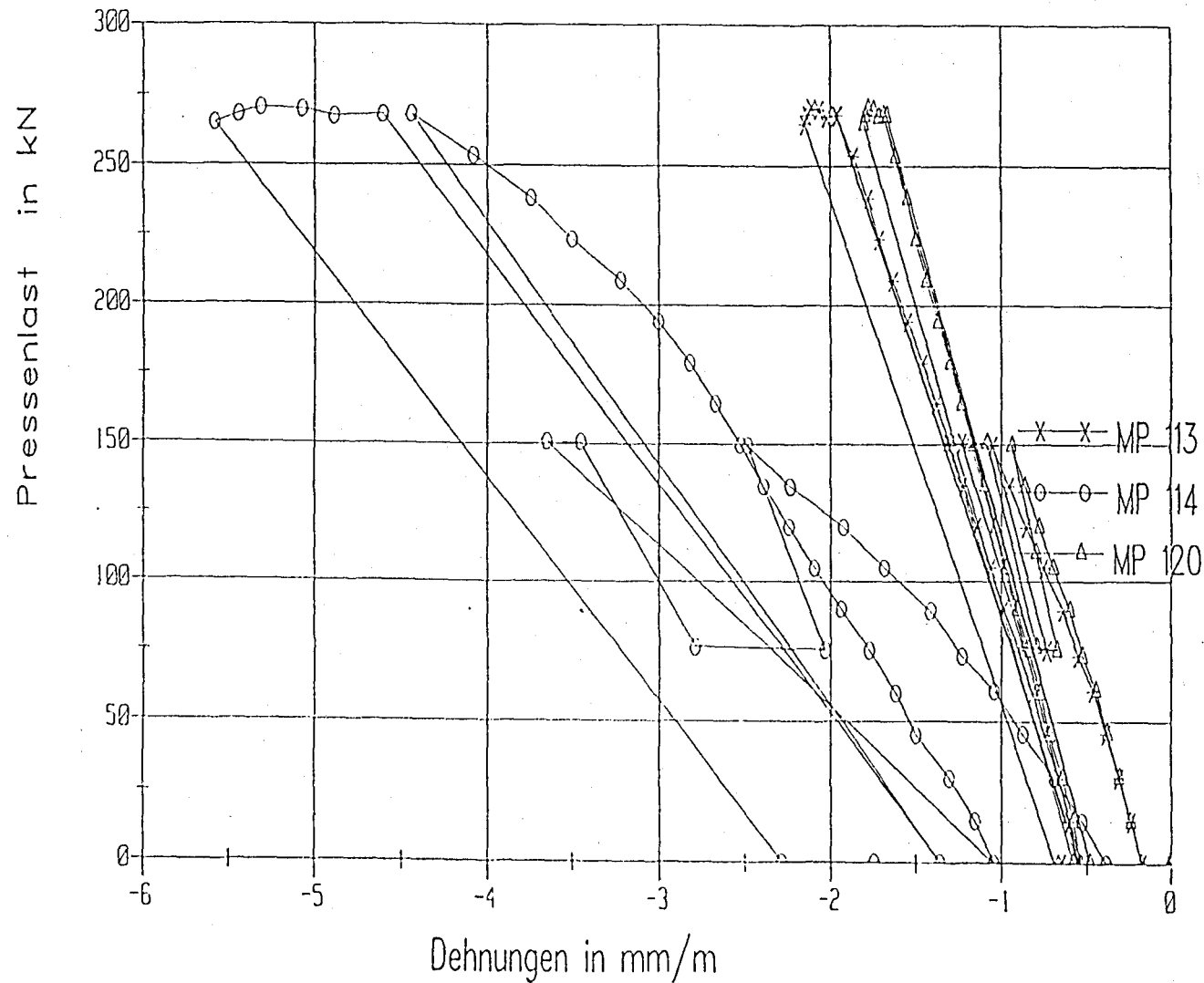
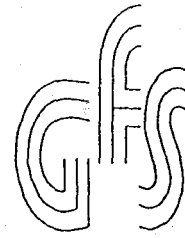




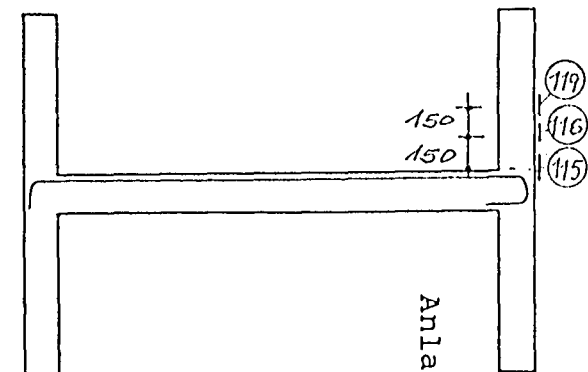
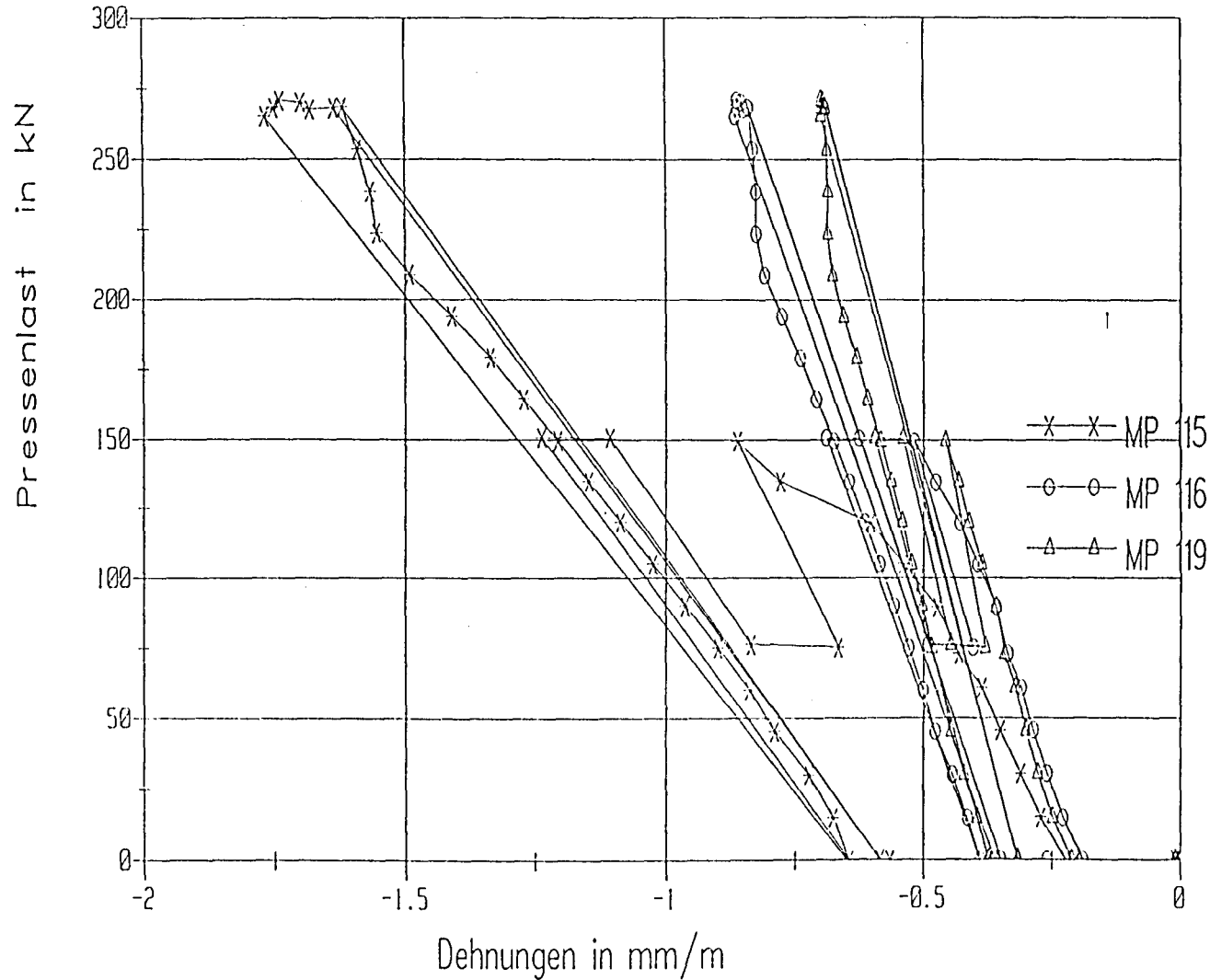
Anlage 36.35

Betonstauchung

Versuchsrahmen VI



Anlage 36.36



Anlage 36.37

